$ 4.— m/arg.

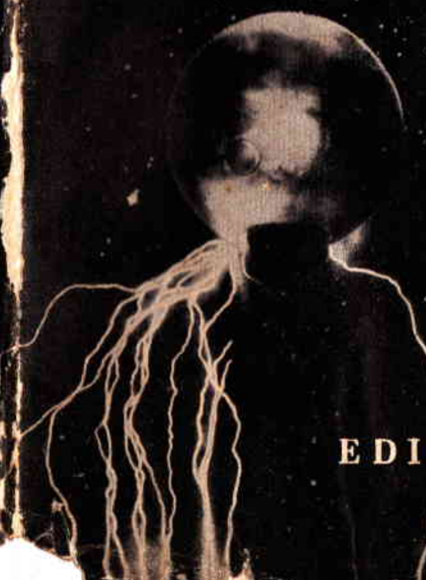
C. UGARTECHE
S. BERTRAN

HISTORIA
Y
PRINCIPIOS
DE LA
BOMBA
ATÓMICA

EDITORIAL
NOVA

C. UGARTECHE - BERTRAN

HISTORIA Y PRINCIPIOS DE LA BOMBA ATÓMICA



EDITORIAL NOVA

C. UGARTECHE • S. BERTRAN

HISTORIA Y PRINCIPIOS DE LA BOMBA ATOMICA



EDITORIAL NOVA
BUENOS AIRES

Queda hecho el depósito que
previene la ley núm. 11.723

Copyright by Editorial Nova
Buenos Aires.

IMPRESO EN LA ARGENTINA
PRINTED IN ARGENTINA

PRÓLOGO

LA BOMBA ATÓMICA SOBRE JAPÓN

El día 6 de agosto último el presidente de los Estados Unidos de América se dirigió al mundo para hacer una declaración dramática y trascendental. En su país, los hombres de ciencia habían conseguido sujetar la potencia básica del Universo y emplearla para fulminar a los enemigos de la civilización. Reproducimos el texto íntegro de dicha declaración porque se trata de un documento que va a tener, sin duda alguna, gran significación histórica:

"Hace 16 horas, un avión norteamericano lanzó una bomba en Hiroshima, importante base militar japonesa. Esa bomba tenía más potencia que 20.000 toneladas de Tri-Nitro-Tolueno y es 2.000 veces más poderosa que la británica "Grand Slam", la mayor bomba utilizada anteriormente en la guerra.

"Los japoneses comenzaron la guerra desde el aire en Pearl Harbor. Se les ha pagado ya con creces y aún no ha llegado el fin. Con esta bomba hemos agregado ahora un nuevo y revolucionario aumento en el poder destructivo, para completar el poderío creciente de nues-

tras fuerzas armadas. Estas bombas serán perfeccionadas para hacerlas aún más poderosas que las que ya se fabrican.

"Se trata de la bomba atómica. Se ha logrado sujetar la potencia básica del Universo. La fuerza de la cual el Sol toma su potencia, ha sido desatada contra los que provocaron la guerra en Extremo Oriente. Los hombres de ciencia, antes de 1939, habían llegado a la conclusión de que era teóricamente posible poner en libertad la energía atómica, pero nadie conocía la forma práctica de hacerlo. En 1942, sin embargo, supimos que los alemanes trabajaban febrilmente para encontrar el medio de agregar la energía atómica a las demás máquinas bélicas, con las que pensaban esclavizar al mundo. Pero fracasaron. Debemos agradecer a la providencia que los alemanes inventaran la V-1 y la V-2 tarde y en cantidades limitadas, y agradecer aún más que no pudiesen obtener la bomba atómica.

"La batalla de laboratorios entrañó terribles riesgos para nosotros, tanto como las batallas de tierra, mar y aire, y ahora hemos ganado la batalla de laboratorios como antes ganamos las demás. Al comenzar el año 1940, antes de Pearl Harbor, Estados Unidos y Gran Bretaña combinaron sus conocimientos útiles a la guerra y de ese acuerdo logramos una preciosa ayuda para nuestras victorias.

LAS INVESTIGACIONES

"De conformidad con esa norma general, comenzaron las investigaciones de la bomba atómica. Los hombres de ciencia norteamericanos y británicos entraron en una carrera de descubrimientos contra los alemanes. Estados Unidos contaba con gran cantidad de hombres de ciencia, distinguidos en diversos terrenos de los conocimientos requeridos. Tenía enormes recursos industriales y financieros, necesarios para el proyecto, y podía dedicarse a él sin los obstáculos de otras tareas de guerra.

"En Estados Unidos, los trabajos de laboratorio y fabricación, en los cuales se había adelantado ya en forma apreciable, estarían fuera del alcance de los bombardeos enemigos, en tanto que en ese entonces Gran Bretaña estaba expuesta a constantes ataques aéreos y a la amenaza de una invasión. Por esas razones el primer ministro Churchill y el presidente Roosevelt convinieron en que era aconsejable llevar a efecto el proyecto en este país. Contamos ahora con dos grandes fábricas y muchos establecimientos menores dedicados a la producción de poder atómico.

LA MANO DE OBRA

"En el momento culminante de la fabricación, la mano de obra llegó a 125.000 personas y ahora actúan algo más de 65.000. Pocos saben lo que han estado fabricando; ven grandes cantidades de materiales que entran y no ven salir nada de estas fábricas, puesto que el tamaño de la carga explosiva es extraordinariamente pequeño. Hemos gastado 2.000.000.000 de dólares en la mayor aventura científica de la historia y hemos ganado. Pero la maravilla más grande no es la proporción de la empresa, su secreto o su costo, sino la consecución de los

propósitos de los cerebros científicos, de juntar las piezas de los conocimientos, infinitamente complejas, poseídas por muchos hombres en diferentes campos de la ciencia, hasta lograr un plan utilizable. Y poco menos que maravillosa es la capacidad de la industria para diseñar, y de la mano de obra para operar las máquinas y métodos, a fin de lograr cosas no obtenidas hasta ahora, para que el fruto de los cerebros se concrete en una forma física y actúe en la forma esperada.

"Tanto la ciencia como la industria trabajaron bajo la dirección del ejército de Estados Unidos, lográndose un éxito único al llevar a efecto un problema tan diverso en el adelanto de la ciencia, en un período tan extraordinariamente corto de tiempo. Es dudoso que se hubiese podido lograr una combinación similar en otra parte del mundo. Lo que se ha logrado es la mayor empresa de la ciencia organizada de la historia. Fué hecho bajo la presión de las circunstancias y con todo éxito.

"Estamos ahora preparados para hacer desaparecer con más rapidez y más completamente hasta la última empresa de producción que puedan tener los japoneses en tierra, en cualquier punto que sea. Destruiremos sus muelles, sus fábricas y comunicaciones. Que no quede la menor duda de que destruiremos completamente la potencialidad bélica del Japón. El ultimátum del 26 de julio fué dado en Potsdam para librar al pueblo japonés de una total destrucción. Sus gobernantes rechazaron ese ultimátum prontamente. Si no aceptan ahora nuestras condiciones, deberán prepararse para una lluvia de destrucción, desde el aire, como no se ha visto nunca otra igual en la tierra. Detrás de esos ataques aéreos seguirán

las fuerzas marítimas y terrestres, en tal cantidad y poderío como no hubo otras y con una habilidad combativa que el enemigo ya conoce.

"El secretario de guerra, que se ha mantenido en contacto personal con todas las fases del proyecto, dará inmediatamente a publicidad una declaración con mayores detalles. Su declaración hará conocer hechos relacionados con las localidades de Oak Ridge, cerca de Knoxville (Tennessee) y Richland, cerca de Pasco (estado de Washington) y sobre las instalaciones cerca de Santa Fe, en Nueva Méjico. Aunque los obreros en esos sitios han fabricado los materiales para ser utilizados en la preparación de la mayor fuerza destructiva de la historia, no han estado expuestos a mayores peligros que los de muchas otras ocupaciones, pues se cuidó su seguridad en forma extrema.

"El hecho de que podamos poner en libertad la fuerza atómica, introduce una nueva era en la comprensión de las fuerzas naturales por parte del hombre. La energía atómica podrá, en el futuro, complementar la energía procedente del carbón, el petróleo y la hidráulica, pero en estos momentos no se puede fabricar en forma de competir con ellas comercialmente.

EL SECRETO GUARDADO

"Antes de llegar a eso será necesario un largo período de intensas investigaciones. No ha sido nunca costumbre de los hombres de ciencia, en este país, o norma de este gobierno, retener los conocimientos científicos, y por lo

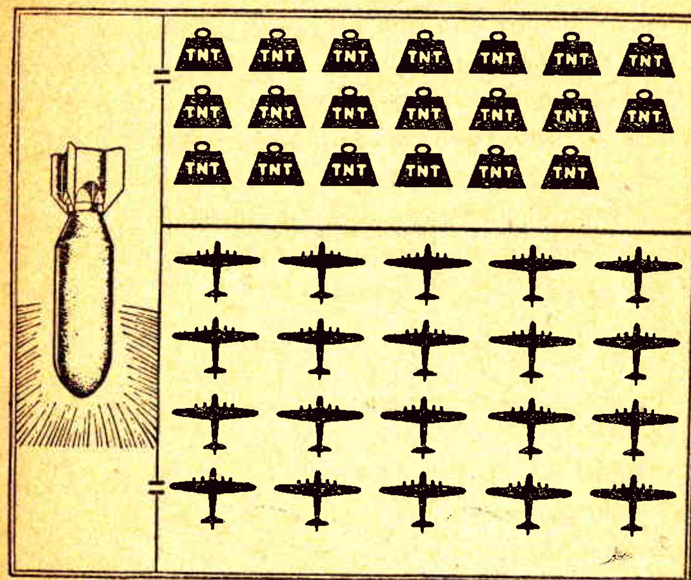
tanto, en circunstancias normales se hubiese hecho público todo lo referente a la energía atómica. Pero en las actuales circunstancias no se tiene el propósito de divulgar los procesos de producción o todas las aplicaciones militares, hasta efectuar un nuevo examen sobre los posibles métodos para protegernos nosotros y el resto del mundo del peligro de una repentina destrucción.

"Recomendaré que el Congreso de Estados Unidos considere prontamente el establecimiento de una comisión apropiada para dirigir la producción y uso de la energía atómica en el país. Continuaré considerando y recomendaré al Congreso las formas en que la potencia atómica puede convertirse en una poderosa influencia para el mantenimiento de la paz mundial."

EL RELATO DE LOS OBSERVADORES

Los despachos llegados y las fotografías tomadas por avión han confirmado las palabras del presidente Truman; una sola bomba atómica puede destruir una vasta ciudad en unos instantes. El piloto Paul W. Tibbets y el capitán de la marina William Pearson que acompañaron a los tripulantes del avión que lanzó la bomba afirmaron que la explosión produjo un fogonazo tan brillante como el sol y que el humo ascendía hasta la estratosfera. El primero de los citados agregó: "Nos dimos cuenta de que debíamos alejarnos inmediatamente y dimos vuelta para arrojar el proyectil de costado. Luego nos fué difícil creer lo que vimos: debajo de nosotros ascendía una nube negra a tremenda velocidad y nada era visible donde

apenas hacía unos minutos resultaban nítidos los muelles y las calles. Todo esto fué tan rápido que no pudimos ver nada, notamos solamente el calor de la explosión y la vibración de la misma. El avión se sacudió dos veces como si lo hubiesen alcanzado proyectiles antiaéreos."



A lo que equivale una bomba atómica: 20 bombas de TNT de 1.000 toneladas. O la carga de 2.000 superfortalezas.

Pearson, entre otras cosas, dijo: "...Cuando lanzamos la bomba comenzamos rápidamente a poner distancia entre nosotros y la bola de fuego que sabíamos que vendría. El fogonazo fué terrible, aún en plena luz del día. Primero vi una terrible columna de humo que ascendía al parecer con algunos escombros hasta 7.000 metros, y luego una nube blanca que salió de su centro y se elevó hasta

los 14.000, mientras toda la ciudad quedaba envuelta en humo, y se veían innumerables incendios al parecer provocados por la rotura de las cañerías de gas." Después exclamó: "Gracias a Dios, la bomba es nuestra, ya ha pasado la etapa experimental y constituye una realidad. Es el arma más grande de la historia." Los relatos correspondientes a los efectos de la segunda bomba son similares; todo hace creer que se trata, efectivamente, del arma más potente de todos los tiempos, obtenida mediante un procedimiento de desintegración atómica. Se está hablando de que este invento obligará a la revisión de toda la técnica guerrera. El hecho es que a los cuatro días del estallido de la primera bomba, las mismas autoridades japonesas que habían rechazado el reciente ultimátum de Potsdam han pedido la paz. Su acción debe haber sido convincente.

LOS EFECTOS

Informaciones recibidas posteriormente revelan que esta nueva arma ha sido devastadora en proporciones jamás alcanzadas, ni remotamente, por ninguna otra. Las víctimas exceden de medio millón. En Hiroshima resultaron 60.000 *muertos, más de* 100.000 *heridos y* 200.000 *personas quedaron sin hogar. Parece ser, sin embargo, que el tipo de bomba que cayó sobre esta ciudad ha resultado anticuado en comparación con la que cayó sobre Nagasaki tres días después. Pero esta segunda bomba, por el hecho de caer en un distrito industrial, apartado del centro de la ciudad, produjo menos víctimas. Ello no*

obstante, Tokio ha dado las siguientes cifras: muertos, 10.000, *heridos* 20.000 *y sin vivienda* 90.000.

Según noticias, los efectos nefastos para la vida se prolongan después del estallido. Un técnico de la defensa japonesa dijo por radio que el número de muertos va en aumento entre las personas que sufrieron quemaduras, por los "extraños efectos" que la bomba atómica produce en el cuerpo humano. Aun los que sufrieron pequeñas quemaduras y que aparentemente se habían salvado, han muerto en gran número después de pocos días por el rápido debilitamiento de su organismo.

A este respecto, el Dr. Andrew C. Ivy, presidente del Departamento de Fisiología de la Universidad del Nordeste, dice que estas muertes misteriosas pueden ser debidas a dos causas. La enorme ola de calor producida por la bomba podría haber causado quemaduras graves y por otra parte su explosión, al exponer la piel a la acción de las irradiaciones de radio cuyas lesiones no aparecen hasta varios días o semanas después, habría podido dar lugar a una dolencia que destruye los glóbulos blancos de la sangre. Esto se ha visto confirmado por los japoneses al propalar radio Tokio que el examen médico de 33 *hombres que trabajaban en la reconstrucción de Hiroshima demuestra que* 10 *de ellos sufrieron quemaduras una semana después de haber sido arrojada la bomba atómica. Éstos tenían en la sangre la mitad de los glóbulos blancos que corresponde tener normalmente. Lo mismo unos que otros presentaban también una enorme disminución en el número de glóbulos rojos.*

El locutor dijo: "La radioactividad originada por la disociación del uranio está causando más muertos y ade-

más origina en las personas que trabajan en Hiroshima diversos trastornos y mala salud"... "Aunque la guerra ha terminado, el espectro de la muerte sigue cerniéndose sobre los restantes habitantes de la devastada Hiroshima. Enviar hombres de ciencia a investigar los efectos de la bomba atómica sería suicida."

LOS INTERROGANTES QUE PLANTEA LA BOMBA

Después de las informaciones recibidas sobre los acontecimientos que se han producido a partir del día 6 de agosto, todo el mundo siente que nos hallamos en el comienzo de una nueva era, y el espíritu se ve asaltado por infinidad de preguntas inquietantes. ¿Se ha sujetado la energía básica del Universo o bien se la ha desencadenado? ¿Estará la nueva arma realmente al servicio de la paz o se demostrará, como dice Wells, que las viejas tendencias de nuestra naturaleza: los recelos, la envidia, el particularismo y la beligerancia son incompatibles con el poder monstruoso y destructivo de las nuevas aplicaciones que ha producido la lógica inhumana de la ciencia? ¿Tendrá razón cuando supone que sólo será posible a la civilización restablecer el equilibrio destruyéndose hasta el nivel en que no puedan producirse los aparatos modernos?

Según el corresponsal en Londres del Chicago Daily News, *el interrogante de cuál podrá ser el efecto de la energía atómica para la civilización, ha hecho apartar a los británicos de su tradicional moderación en las apreciaciones. ¿Qué surgirá de la energía atómica? ¿Se la puede*

controlar? ¿Es un instrumento de esclavitud o de grandes beneficios? Si releemos detenidamente la declaración hecha por persona de tanta responsabilidad como el presidente de los Estados Unidos, lo mismo por el tono en que está redactada que por su contenido, recibimos nuevamente la impresión de que el hombre tiene desde ahora en las manos una fuerza de magnitud tan extraordinaria, lo mismo para su bien que para su mal, que las realidades van a sobrepasar toda fantasía. Ha hablado de la mayor aventura científica de la historia, de que el hecho de ponerse en libertad la fuerza atómica introduce una nueva era en la comprensión de las fuerzas naturales, de que la energía atómica en el futuro podrá completar la energía procedente del carbón, del petróleo y de los saltos de agua, y de que en la actualidad no tiene el propósito de divulgar los procesos de producción hasta efectuar un nuevo examen sobre los posibles métodos para proteger a su pueblo y al resto del mundo del peligro de una repentina destrucción.

Efectivamente, todas las inquietudes y esperanzas del momento en que vivimos son justificadas. ¿Pero cuáles se verán confirmadas en el futuro próximo, las primeras o las segundas? He aquí la gran pregunta. Entretanto conozcamos esta gran aventura científica desde sus orígenes, preguntemos a la Historia, a la Filosofía, a la Física, y a la Química, cómo ha sido posible descubrir el secreto de la energía atómica.

Capítulo I

LOS GRIEGOS INTUYEN EL ÁTOMO

LOS CUATRO ELEMENTOS DEL MUNDO

La historia de la bomba atómica está íntimamente ligada a las concepciones y estudios sobre la constitución de la materia. Si se ha llegado a partir los átomos invisibles ha sido necesario que antes la mente humana los intuyera, y esto sucedió ya en Grecia, hace dos mil cuatrocientos años.

Sabemos que en el siglo VI antes de nuestra era vivieron algunos hombres que se esforzaron por desprenderse del pensamiento mágico imperante en aquellos tiempos, sometiendo a examen racional el cúmulo de creencias, ideas y conocimientos heredados de las civilizaciones anteriores. Surgió la duda y la discusión, y uno de los interrogantes fundamentales fué éste: ¿de qué está hecho el mundo? Tales de Mileto, magna figura de principios de dicho siglo, a la vez comerciante, estadista, ingeniero, astrónomo y primer gran filósofo griego, al observar que el principal sustento de los animales y plantas era la "humedad" pensó que era el *agua* el elemento o materia

primaria de que están hechas todas las cosas. Otro gran pensador, Anaxímenes, creyó que el elemento generador de todos los demás era el *aire* y Heráclito de Éfeso sostuvo que el *fuego* era la última realidad de la que todo dimana y a la cual todo vuelve.

En el mismo siglo, Pitágoras, un filósofo jonio, fundó en el sur de la Península Itálica una escuela de tendencias más místicas que racionales. Abandonando la idea de un único elemento generador de la materia, sostuvo que los elementos eran cuatro, *tierra, agua, aire* y *fuego* derivados de la combinación de cuatro cualidades a saber, calor, frío, humedad y sequedad. Este criterio, desarrollado por Empédocles de Agrigento un siglo más tarde y aceptado luego por Aristóteles, fué el que cristalizó y perduró hasta el Renacimiento, o sea durante dieciocho siglos.

Debe tenerse presente que dichos conceptos no correspondían, para esos pensadores, al sentido vulgar de estas palabras. Por tierra entendía Empédocles un sólido, por agua un líquido, por aire un gas y por fuego una sustancia todavía más sutil que un gas. Por consiguiente, lo que nosotros llamamos aire, agua, fuego o tierra contenía en mayor o menor cantidad los cuatro elementos ideales. Combinados en diferentes proporciones formaban las variadísimas sustancias y demás seres; fuerzas divinas opuestas, las mismas que engendran el amor y el odio, determinaban las atracciones y las repulsiones.

LA INTUICIÓN DEL ATOMO

Otro filósofo jonio de tendencia más racionalista establecido también al sur de Italia fué el que concibió los *átomos.* Nos referimos a Leucipo, el fundador de la Escuela de Abdera. Bien poco sabemos acerca de él.

Según escritos posteriores, habría concebido la materia constituída de partículas de forma variada, separadas entre sí por vacío y dotadas de un movimiento vibratorio. También se le atribuye haber afirmado "que nada ocurre sin una causa y que todas las cosas tienen, necesariamente, su razón". Mejor conocidas nos son las ideas de un discípulo suyo llamado Demócrito. Ambos fueron contemporáneos de Sócrates o sea ambos vivieron en la segunda mitad del siglo V antes de J. C.

Parece que Demócrito se dió perfecta cuenta de que los sentidos, por sí solos, no pueden darnos sino un reflejo de la realidad y aún la deforman y nos engañan. Para él, todas las cosas estaban hechas de partículas sólidas que se hallaban en agitación violenta y eran además homogéneas, eternas e indivisibles. Obsérvese aquí que la palabra átomo significa precisamente esto, indivisible. Así Demócrito quería significar que se trataba de un último elemento, irreductible a una unidad más pequeña. Las diferencias entre los átomos residían en su tamaño, forma y disposición, no en la calidad, y sus cambios de disposición eran los que determinaban las distintas cualidades de la materia. El vacío desempeñaba una función tan importante como los átomos, ya que sin él no era concebible el movimiento que, según los materiales y sustancias,

podía ser mayor o menor. Así, los átomos de los sólidos sólo tenían un ligero movimiento vibratorio, en cambio los del fuego estarían en un estado de agitación tan grande que podían rebotar a grandes distancias. Dada la naturaleza eterna de la materia, su destrucción era sólo aparente: "Nada se crea de la nada y nada se destruye sin dejar nada", decía Demócrito, dejando sentado el principio de la indestructibilidad de la materia.

Surge entonces la gran pregunta. ¿Son las cosas en realidad tal como las vemos variadas por su forma, color y demás propiedades sensibles o es esto ilusión humana? Se produce la escisión entre idealistas y materialistas, que ha perdurado a través de los tiempos separando a los hombres, en gran parte, por cuestión de palabras. La filosofía atómica marca la culminación del primer gran período de la ciencia griega y aunque es cierto que Epicuro y Lucrecio la retomaron, hay que esperar muchos siglos hasta que sabios como Galileo y Newton vuelvan a considerarlas seriamente. Platón y Aristóteles, pontífices máximos del pensamiento griego, la rechazaron y el desarrollo de las ideas que debían conducir a la Química y a la Física modernas, quedó paralizado.

LOS ALQUIMISTAS

A pesar de la orientación opuesta al atomismo que adoptó el pensamiento científico medieval, no hay que desconocer que su inclinación hacia lo maravilloso y sobrenatural favoreció el desarrollo de la alquimia y, consiguientemente, la manipulación y experimentación

con los materiales, actividades indispensables a todo progreso científico.

La idea de que todas las sustancias estaban constituídas por los cuatro elementos antes citados, tomó arraigo en el mundo antiguo hasta el punto de dar pie a que se creyera posible la transformación de unos materiales en otros. Los resultados obtenidos en la manipulación de los metales vino en apoyo de esta suposición. Habíase observado que el cobre sometido a un tratamiento especial se volvía más amarillo y parecido al oro. Este hecho se interpretaba del siguiente modo: el cobre habría perdido parte de su elemento terroso, o bien se habían incorporado a él una mayor parte de los elementos más nobles, o sea de aire y fuego, por lo cual quedaba convertido en oro. Téngase presente que entonces el concepto de esencia de la materia distaba mucho de estar sujeto a las exigencias actuales. Desconociéndose lo que eran propiedades intrínsecas de orden físicoquímico, se contentaban con que fueran llenados los requisitos de apariencia. Así, cuando se conseguía que un metal fuese exteriormente semejante al oro, se creía ya que se había convertido en oro realmente.

Aunque "alquimia" es un vocablo árabe, lo probable es que proceda del griego o del egipcio. El origen de la alquimia debe buscarse tanto en las especulaciones filosóficas a que nos hemos referido como en las prácticas de laboratorio y orfebrería a que se dedicaron los griegos alejandrinos a principios de nuestra era. Pero veamos cuál era el credo del alquimista:

1. Todas las sustancias y materiales constan de tierra, aire, agua y fuego en variadas proporciones; 2. El oro es

el más puro y noble de los metales; 3. Es posible transmutar un metal en otro alterando las proporciones de los cuatro elementos que lo constituyen; 4. La transmutación es realizable mediante la intervención de cierta sustancia preciosa denominada el quinto elemento o quintaesencia.

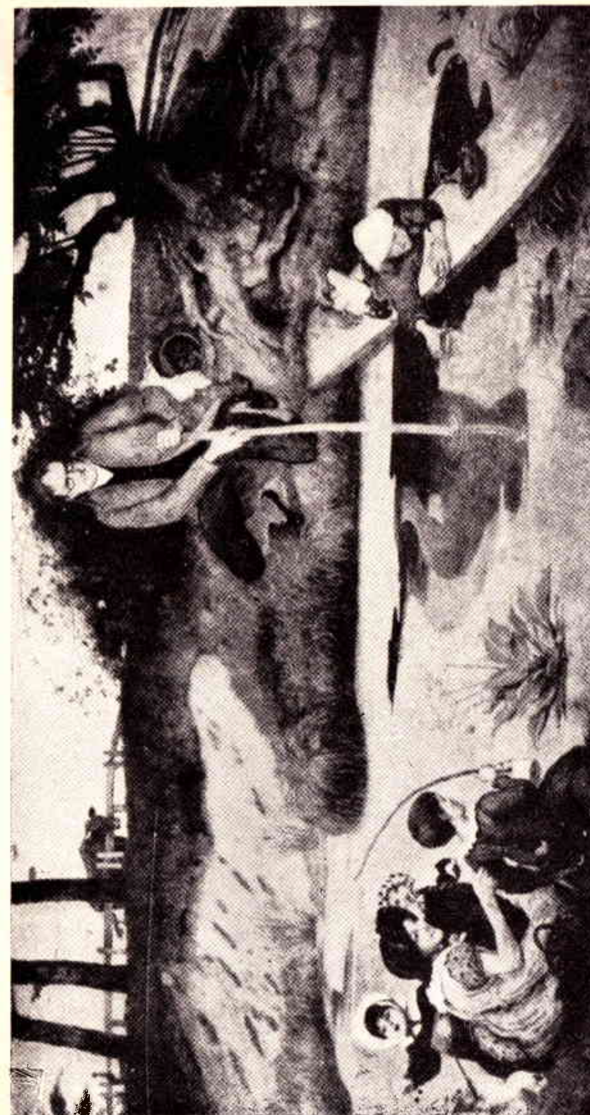
Hay que agregar que la alquimia estaba íntimamente asociada a la astrología en la mente de sus cultivadores. Creían, por ejemplo, que el Sol engendraba el oro en las profundidades de la Tierra y que la Luna representaba la plata, Venus el cobre, Mercurio el metal de igual nombre, Marte el hierro, Júpiter el estaño y Saturno el plomo.



El alquimista

Los alquimistas alejandrinos, a pesar de estas creencias que hoy aparecen como absurdas, deben ser considerados como sinceros experimentadores de acuerdo con el pensamiento y conocimientos de la época. No se puede decir lo mismo de sus sucesores árabes y cristianos, que por lo general se entregaron a las artes mágicas con fines poco honestos, cayendo en las prácticas más ridículas y absurdas de brujería.

Debe decirse, sin embargo, que existieron honrosas excepciones entre las que cabe citar los experimentos de un sabio árabe de finales del siglo noveno y principios del décimo de nuestra era. Nos referimos a AL-RAZI o Rhazes, quien a pesar de declarar en su obra *Secreto de los secretos* que había logrado la transformación de



Dalton se divierte...



Max Planck
descubridor de los cuantos.



Miguel Faraday
(1791-1867)

metales inferiores en metales nobles, lo cual puede ser explicable por un error de interpretación, debe ser considerado no sólo un verdadero hombre de ciencia sino también el primero de una serie de experimentadores que orientaron la alquimia hacia la química moderna.

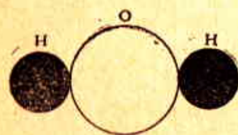


Los símbolos alquímicos

Dado que las actividades de los alquimistas exigían mucho calor, sobre todo para someter los metales a temperaturas de fusión, fueron construídos hornos enormes. Los experimentos se realizaban muchas veces en vasijas de forma bien extravagante por pensarse que eso podía influir en los resultados y sobre ellas se grababan figuras de animales que tenían la virtud de acelerar las reacciones. De todos modos, a fuerza de pruebas y tanteos, aunque la quintaesencia o piedra filosofal no apareciera por ninguna parte, fueron descubriéndose muchas de las propiedades de los metales y otras sustancias. Pero la antigua teoría atómica que poseía el germen de toda concepción coherente sobre la constitución de la materia había quedado relegada al olvido.

EL ÁTOMO MODERNO

Sin embargo, el Renacimiento resucitó las ideas de Demócrito y Epicuro sobre la constitución de la materia y la teoría de los átomos volvió a estar en boga. Robert Boyle (1627-91) había derribado la teoría de los cuatro elementos y estaba bien dispuesto a aceptar la atómica, lo mismo que Huygens y Newton, pero hasta principios del siglo pasado no fué formulada con base experimental. John Dalton, un maestro inglés que se dedicaba por afición a la química, estudiando ciertos procesos relativos a los gases, llegó de nuevo a la conclusión de que sólo podían ser explicados si se admitía que la materia estaba compuesta de gran cantidad de sustancias elementales homogéneas y distintas constituídas a su vez por partículas indivisibles, indestructibles y eternas, por *átomos*. Los experimentos de Gay-Lussac y de Avogadro condujeron al concepto de molécula y la teoría atómica fué reafirmándose hasta que Dimitri Mendeleff descubrió la relación existente entre los pesos atómicos y las propiedades de los elementos, y estableció una tabla con los pesos de los átomos de los diferentes elementos que le permitió predecir la existencia de otros todavía desconocidos.



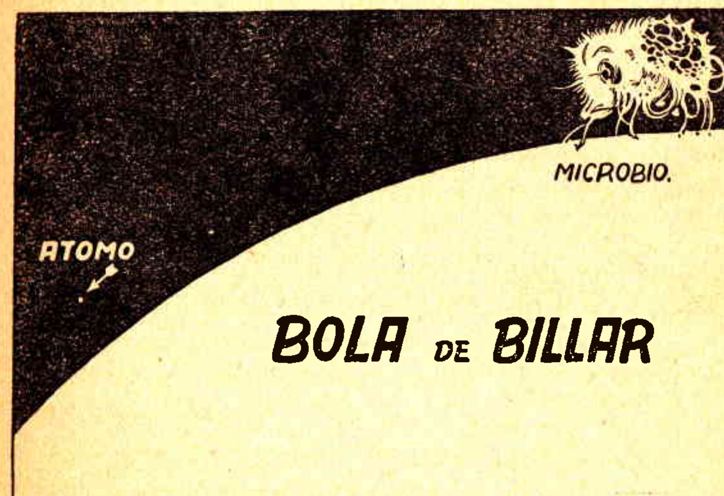
Cómo está formada una molécula de agua.


Estructura de la materia.

¿CUÁL ES EL TAMAÑO DE UN ÁTOMO?

El físico Carl Stoermer dice lo siguiente:

"Si se quiere concebir la pequeñez del mundo atómico, basta imaginar qué cambios sobrevendrían si todos los objetos familiares se agrandaran en la misma relación, hasta que los átomos se hiciesen tangibles.



Si una bola de billar se agrandara hasta ser como la Tierra...

"Consideremos primero un agrandamiento de 100 veces. Los hombres serían gigantes de una altura igual a la mitad de la Torre Eiffel; y las avispas serían bestias terribles, como toros.

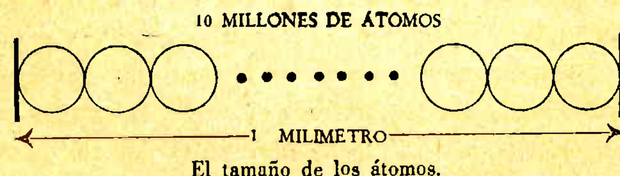
"Supongamos ahora que este mundo sufra un nuevo agrandamiento de 100 veces. Los hombres se convertirán en montañas gigantescas de 15 ó 20 kilómetros; la avispa

tendrá varios centenares de metros; el cabello tendrá un metro de espesor y los microbios serán de un centímetro.

"Aumentemos 100 veces más. El cabello adquiere un espesor de 100 metros, los microbios se hacen de 1 metro, pero los átomos son todavía minúsculos, pues no alcanzan al décimo de milímetro.

"Otra dilatación de 100 veces. El átomo de hidrógeno se hace por fin fácilmente perceptible, pero al mismo tiempo el grueso de un cabello alcanza a los 10 kilómetros, los microbios son monstruos de 100 metros de largo y una bola de billar ha adquirido el tamaño de la Tierra."

Y sin embargo, el hombre ha sido capaz de medir el diámetro del átomo, de pesarlo y no sólo eso: ¡ha sido capaz de explorar su interior y ha descubierto allí dentro todo un universo planetario, con un sol infinitamente más pequeño que el átomo! Y no sólo eso: ¡ha sido capaz de explorar el interior de ese sol central!



El tamaño de los átomos.

La física ha realizado todas estas hazañas en menos de cincuenta años, ha revelado que ese núcleo o sol central es la sede de terribles energías y, lo que es más, ha encontrado por fin la forma de desencadenarlas: *El resultado es la bomba atómica.*

Capítulo II

EL ÁTOMO NO ES INDIVISIBLE

EL GRANO DE ELECTRICIDAD

Los átomos eran considerados como piezas de un mecano, indestructibles e indivisibles, que por combinación y recombinación daban lugar a todas las cosas de la naturaleza: desde la sal de cocina hasta el cerebro del genio.

Sin embargo, hacia mediados del siglo pasado, ciertas investigaciones sobre la galvanoplastia (proceso para dorar y platear metales) y sobre la descomposición química provocada por la corriente eléctrica, llevaron a una conclusión extraña: la electricidad no era un flúido continuo, sino que *estaba compuesta por granitos,* como una arena finísima. Estos granitos de electricidad fueron llamados *electrones* y debían de estar *en el interior* de los átomos. Esto significaba, llanamente, que el átomo no era indivisible, sino que parecía tener una complicada estructura interna, donde deberían desempeñar su papel los electrones. Pero antes de seguir adelante, digamos algunas palabras más sobre estos corpúsculos. El hombre que empezó los trabajos sobre la electrólisis, trabajos

que darían por resultado el descubrimiento del electrón, fué MIGUEL FARADAY, nacido en 1791 en Londres, y muerto en 1867. Era hijo de un modesto obrero y tuvo una vida muy difícil; cuando muchacho, comenzó a trabajar en la encuadernación de libros, y entonces, con febril curiosidad, leyó todo cuanto pasaba por sus manos; pronto comenzó a hacer en su casa experiencias de química y física; a los diecinueve años fué a las clases nocturnas dadas por Tatum y en 1812 tuvo la suerte de poder asistir a algunas lecciones hechas en la Royal Institution por el famoso Sir H. Davy. Sin embargo, el pobre Faraday debía seguir ganándose la vida como encuadernador; entonces escribió una desesperada carta al sabio, sin mayor esperanza de respuesta, acompañándola de los apuntes que había tomado en clase. Davy contestó de inmediato y el joven Faraday, loco de contento, fué admitido a trabajar como asistente del maestro. Sus investigaciones llenan toda una época de la ciencia, por su genialidad y trascendencia; toda la moderna concepción de la electricidad y la técnica que sobre ella se apoya han sido posibles gracias a los admirables trabajos de este hijo de obreros.

Las indagaciones de Faraday llevaban a la conclusión inevitable de que la electricidad estaba formada por corpúsculos y de que la corriente eléctrica era un chorro de estos corpúsculos. A pesar de todo, esta conclusión parecía demasiado extraña y sólo fué aceptada cuando las experiencias realizadas a fines de siglo pusieron claramente de manifiesto y casi hicieron "ver" estos corpúsculos de electricidad.

Entre los años 1869 y 1897 se realizaron experiencias

decisivas, en que participaron Hittorf, Goldstein, Crookes, Hertz, Perrin y otros. Finalmente, en 1897, el físico inglés J. J. Thomson fué capaz de *medir* el peso o, para hablar con mayor rigor científico, la masa de los electrones. Thomson encontró que la masa del electrón era 770 veces menor que la masa de un átomo de hidrógeno, el átomo más liviano que existe en la naturaleza. Además, sus experiencias mostraron que estos electrones eran atraídos por cuerpos cargados con electricidad positiva; como se sabe que las electricidades de distinto nombre se atraen, se concluía que los electrones eran *corpúsculos de electricidad negativa.*

Actualmente se han hecho medidas más cuidadosas que en la época de Thomson y se ha calculado que la masa del electrón es 1.840 veces menor que la del átomo de hidrógeno.

Todas estas experiencias probaron que *así como la materia está formada por átomos, la electricidad está formada por electrones;* de modo que, al menos en teoría, sería posible vender electricidad como la fruta: por docenas. Es interesante ver cuántos electrones pasan por un conductor corriente. En una plancha que funciona con una corriente de 1 ampere pasan, *por segundo,*



La electricidad se puede vender como la fruta: por docenas...

6.000.000.000.000.000.000 electrones.

Esto da una idea de la pequeñez del electrón, en lo que se refiere a su carga; es explicable que durante mucho tiempo se haya pensado que la electricidad es un flúido continuo y no granulado.

Pero ¿dónde están estos electrones? ¿No andarán por los intersticios dejados por los átomos? ¿O estarán dentro de los mismos átomos? El propio Thomson tuvo la intuición de que estos corpúsculos eléctricos formaban parte de los átomos, que serían algo así como esferas donde estarían contenidos los electrones. Pronto, sin embargo, nuevos hechos sensacionales traerían otras ideas sobre la estructura de los átomos.

UN DESCUBRIMIENTO CASUAL

Hacia fines del siglo pasado, Henri Becquerel, profesor en la Sorbona, se hallaba estudiando los fenómenos fluorescentes empleando, entre otras sustancias, algunas a base de uranio.

Parece que en cierta ocasión tuvo que suspender sus experiencias porque el día se nubló, pues le era necesario exponer las sustancias al sol. Dispuesto a reanudar las experiencias al otro día, si las condiciones del tiempo resultaban favorables, guardó en un cajón de su laboratorio la sustancia fluorescente al lado de una placa fotográfica envuelta en papel negro.

Al otro día recomenzó sus experiencias, pero al revelar la placa fotográfica se encontró con la sorpresa de que esa placa estaba velada, como si hubiera sido utilizada o expuesta previamente. ¿Qué podía haber causado tan extraño fenómeno?

Becquerel comenzó a estudiar la acción de las sustancias sobre placas envueltas con papel negro y llegó a la conclusión de que las placas se impresionaban sólo cuando la sustancia que se hallaba en su proximidad era una sustancia a base de uranio. ¡Había, pues, *algo* en el uranio, o emitido por el uranio, que velaba las placas fotográficas a través de la envoltura!

Pronto muchos sabios estaban entusiasmados con el deseo de aclarar el misterio. Entre ellos, había dos nombres que se harían célebres en la física del siglo XX: Curie y Rutherford.

Pierre Curie fué un físico extraordinario, muerto prematuramente en un accidente callejero. Ayudado por su mujer, María, inició una serie de experimentos que su esposa continuó después del trágico accidente. Estos dos esposos realizaron en aquellos años una tarea gigantesca, en medio de la indiferencia general de los profesores que los rodeaban. De toneladas y toneladas de *pechblenda,* por largos y complicados procesos químicos, sacaban el uranio necesario para sus experimentos. Así lograron hacer experiencias sistemáticas que llevaron al descubrimiento de un elemento más poderoso que el uranio mismo: el *radio*. Este elemento fué aislado y estudiado por la señora Curie; se encontró que las misteriosas radiaciones que emitía eran capaces de producir efectos fotoquímicos y eléctricos muchísimo más fuertes que el uranio.

LAS TRES RADIACIONES MISTERIOSAS

En el año 1899, el profesor Rutherford, que en aquel tiempo enseñaba en la ciudad canadiense de Montreal, empezó a estudiar sistemáticamente las misteriosas radiaciones que eran lanzadas al espacio por los átomos de uranio. Llegó a la conclusión de que esas radiaciones estaban formadas por dos clases: una de ellas era bloqueada por una lámina de aluminio de 1/50 milímetros de espesor; la otra, en cambio, era capaz de atravesar una hojuela de medio milímetro.

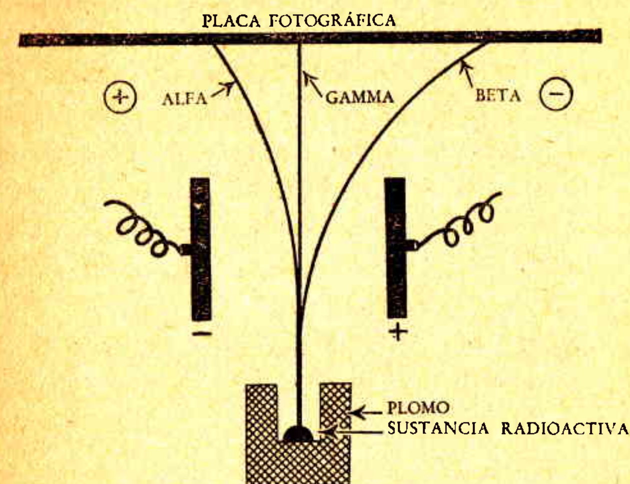
Rutherford llamó *rayos alfa* a los primeros *y rayos beta* a los segundos ("alfa" es la primer letra del alfabeto griego; "beta", la segunda).

Más tarde se descubrió un tercer tipo de rayos que salían del uranio y fueron llamados *rayos gamma* ("gamma" es la tercer letra griega); estos rayos eran muy poderosos, pues atravesaban gruesas placas de plomo de un centímetro de espesor; eran también muy activos fotográficamente e impresionaban cuanta placa se pusiese a su alcance.

Las investigaciones posteriores mostraron otras propiedades interesantes de estas radiaciones; como las electricidades del mismo nombre se atraen, Becquerel y otros físicos pensaron que sería importante hacer pasar las radiaciones del uranio y del radio cerca de un cuerpo cargado eléctricamente, a ver si los rayos eran desviados o seguían derechos; si eran desviados, se probaría que esos rayos estaban compuestos por corpúsculos

cargados eléctricamente. La figura adjunta muestra cómo se procedió en esta investigación.

Las conclusiones a que se llegó fueron las siguientes:



Las tres radiaciones misteriosas.

1. Los rayos alfa son partículas cargadas con *electricidad positiva;* pero lo que resultó verdaderamente sensacional fué lo siguiente: ¡esas partículas eran átomos de helio! El helio es el gas que ahora se utiliza para los dirigibles. Esta experiencia mostraba que del uranio y del radio salía helio; luego, los átomos de uranio o de radio debían contener *en su interior* ¡átomos de helio!
2. Los rayos beta son electrones, es decir corpúsculos de electricidad negativa.
3. Los rayos gamma no son corpúsculos ni llevan consigo electricidad: son ondas electromagnéticas, como

las ondas luminosas o las ondas de radiotelefonía o los Rayos X, pero de onda cortísima y de formidable poder de penetración.

LAS EXPLOSIONES RADIOACTIVAS

En el año 1903, Curie y Laborde observaron que los minerales de radio o uranio producen calor, en forma constante y al parecer inextinguible; sus cálculos y medidas revelaron que 1 gramo de radio puro suministra alrededor de 100 calorías por hora; hay que tener presente que el radio está emitiendo energía desde que existe, quizá desde hace millones de años ¿de dónde salía esta energía interminable?

Lord Rutherford fué el hombre que dió respuesta a estos problemas y a otros vinculados a ellos. Este investigador notó que era necesario explicar los siguientes hechos:

1. En los minerales que muestran radioactividad, parecen *generarse* elementos químicos que antes no estaban; por ejemplo, aparece helio.
2. La energía manifestada por los fenómenos radioactivos es miles de veces más grande que la energía producida por las reacciones químicas más violentas que se conocen. Por lo tanto, había que descartar la idea de que se tratase de reacciones químicas, es decir de *combinaciones y recombinaciones de átomos.*

No podemos dar aquí, sin caer en tecnicismos demasiado complicados, las razones y las experiencias que con-



Madame Curie
(1867-1934)



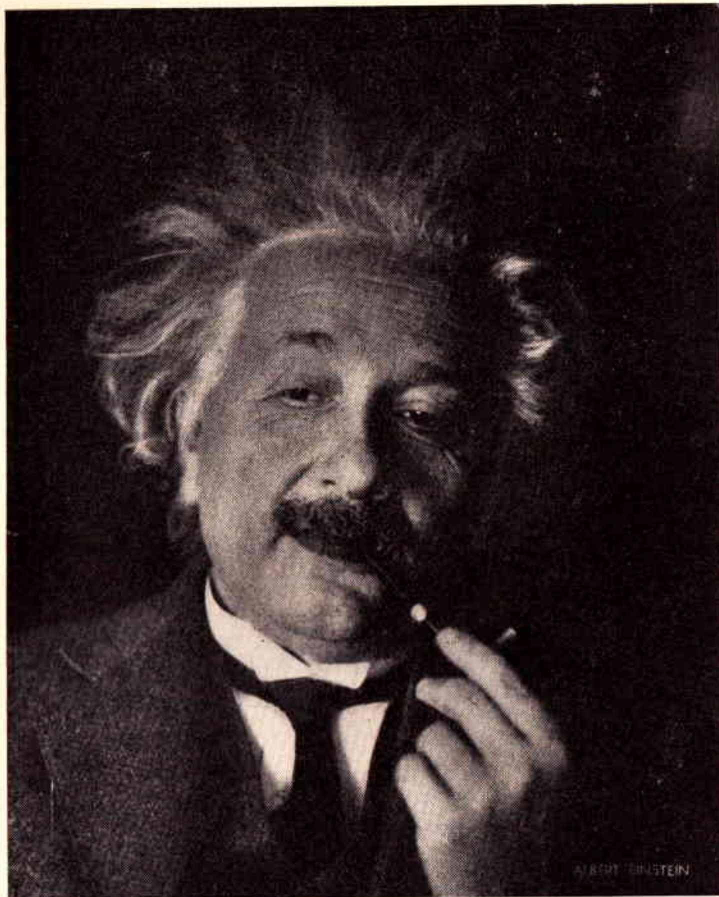
Pierre Curie
(1859-1906)



Lord Rutherford
(1871-1937)



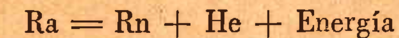
Henri Becquerel
(1852)



Alberto Einstein.

dujeron a Rutherford y a su colaborador Soddy a la conclusión siguiente: *los átomos radioactivos son complejos edificios compuestos de partículas cargadas con electricidad positiva o negativa; estos edificios son inestables y en cierto instante explotan, lanzando al exterior proyectiles cargados (rayos alfa y beta), así como ondas electromagnéticas; el átomo que ha explotado se transforma en un átomo diferente, y este átomo vuelve más tarde a explotar convirtiéndose en otro, etc.*

Veamos un ejemplo concreto. El *radio*, que es uno de los átomos más pesados que hay en la naturaleza, estalla en un momento dado lanzando al espacio una partícula alfa o átomo de helio; al mismo tiempo se convierte en un átomo distinto, de menor peso, puesto que ha perdido el peso correspondiente a esta partícula; el elemento resultante se llama *emanación* o *radón*, muy importante, como veremos en el problema de la bomba atómica. Simbólicamente, esta transmutación se representa así:



$$\text{Ra} = \text{Rn} + \text{He} + \text{Energía}$$

El átomo de radio pesa 226 (es decir, 226 *veces más que el átomo de hidrógeno*, que por ser el más liviano se usa como unidad de medida); el átomo de helio pesa 4; por lo tanto, al perder 4 unidades, es claro que el átomo explosivo tiene que convertirse en un átomo de peso igual a 222: es el radón.

Pero no hay que creer que el radón es un átomo estable; por el contrario, después de cierto tiempo, explota y lanza al espacio otra partícula alfa, con lo cual su peso disminuye en 4 unidades y da origen a otro átomo, de peso 218: es el *radio A*.

DESINTEGRACIÓN NATURAL DEL URANIO

Elemento	Peso	Radiación	Tiempo de semi-destrucción
URANIO I	238	alfa	4.500.000.000 años
URANIO X_1	234	beta	
URANIO X_2	234	beta y gamma	
URANIO II	234	alfa	
IONIO	230	alfa	8.300 años
RADIO	226	alfa, beta y gamma	1.600 años
RADÓN	222	alfa	4 días
PLOMO	206		ETERNO

Este proceso sigue; los átomos se van sucediendo, explotando, lanzando al espacio ya una partícula alfa, ya un electrón o partícula beta, ya rayos gamma; es una especie de *desmoronamiento de la materia*, que termina finalmente en el plomo. El átomo de plomo, cuyo peso es 206, es, por fin, un átomo estable que parece resistir el embate del tiempo; es el descendiente último y sin herederos de una larga familia de átomos explosivos que empieza con el *uranio*, el átomo más pesado del universo.

LA ENERGÍA RADIOACTIVA

Ahora que conocemos la bomba atómica y que sabemos de qué fuerzas poderosas es capaz la materia nos preguntamos de dónde sale esta energía. Una respuesta a ello nos la puede dar el elemento conocido con el nombre de radio. El radio está expulsando continua e incansablemente cierta forma de energía: sus conocidas radiaciones alfa, beta y gamma. ¿Por qué entonces en los laboratorios donde se tiene radio no se produce ninguna catástrofe? Es cierto que allí se guarda el radio muy cuidadosamente en cofres especiales, pero dentro de esos cofres continúa emitiendo en forma infatigable las ya conocidas radiaciones. Sin embargo los físicos o médicos según el caso, continúan sus trabajos en forma tranquila, sin sufrir ninguna perturbación. Hasta, si lo desean, pueden sacar el radio del cofre, y con las debidas precauciones darse el gusto de mirarlo. Y, sin embargo, en ese trozo de sustancia hay en potencia, una fuerza tremenda que podría arrasar no sólo con el laboratorio sino

con todo lo que se encontrase en un radio de muchos kms. Todo el mundo sabe ahora que esa fuerza actúa cuando la energía se libera. Pero ¿no se está liberando, acaso, energía? ¿Por qué entonces no sucede nada que trascienda?

Todo eso sucede así porque la energía intraatómica no se libera en forma explosiva, sino lentamente. Si todas las partículas alfa contenidas en un gramo de radio se emitieran casi simultáneamente, en el curso de una hora se liberarían:

20.000.000.000.000.000 ergs.

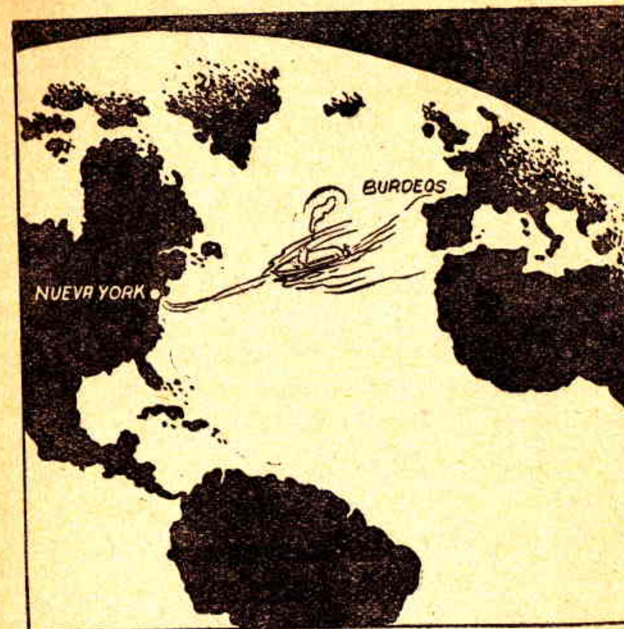
La energía intraatómica contenida en algunos kilogramos de radio bastaría para llevar un gran transatlátnico en viaje de ida y vuelta a Europa.

Se podrían dar miles de ejemplos de lo que significaría aprovechar la energía contenida en cantidades pequeñísimas de materias radioactivas.

Pero, y seguramente para suerte de nuestro planeta, la energía radioactiva no se libera en forma explosiva: lo hace más bien lentamente. La transformación de los elementos inestables o radioactivos como el radio o el uranio es inexorable y matemática. En el caso del radio se necesitarían 1600 años para que cierto número de átomos de ese elemento se reduzcan a la mitad y otros 1600 años para que se reduzcan a la cuarta parte. Hay elementos radioactivos que se desintegran más rápidamente que otros, pero cada uno tiene su propio tiempo de desintegración.

Esta particularidad de los elementos radioactivos ha dado motivo a una aplicación sumamente interesante:

el cálculo de la edad de la tierra. Las sustancias radioactivas hacen las veces de relojes. Cuando en una formación geológica se encuentran el uranio y el plomo es



La energía atómica contenida en algunos kilogramos de radio bastaría para llevar un gran transatlántico desde Europa a Estados Unidos...

lógico pensar que el plomo ha nacido por desintegración milenaria del uranio que sería el elemento madre. Como la proporción de plomo respecto a la cantidad de uranio crece matemáticamente con el tiempo, es fácil calcular en tales circunstancias el tiempo en que comenzó la aparición del plomo. Es fácil calcular así, la época en que apareció el elemento uranio sobre la tierra. Se tiene casi la certeza de que el uranio ha existido desde el co-

mienzo de los continentes, de modo que averiguar la aparición de este elemento es averiguar la edad de la corteza terrestre. Y se ha llegado a la conclusión de que la corteza terrestre tiene más o menos unos 1500 millones de años.

Otra de las aplicaciones que han podido hacerse aprovechando estas propiedades de los elementos radioactivos ha sido en el terreno del arte. El doctor Josep C. Aub de la Escuela de Medicina de Harvard, sugirió hace poco tiempo, la idea de que la radioactividad de las pinturas de plomo podría dar información sobre la edad de ciertos objetos de arte, pues es sabido que el "blanco de plomo" se usa en la pintura desde la antigüedad más remota. Si se tiene presente que junto al plomo invariablemente hay elementos radioactivos, no era absurdo pensar como el doctor Aub.

LA INCREÍBLE FÓRMULA DE EINSTEIN

Pero el hombre no se contenta con descubrir propiedades de los elementos, hacer algunas aplicaciones y abandonar la tarea. La sed insaciable de saber y de desentrañar los misterios ocultos parece que se alimentase con cada nuevo descubrimiento. Cada hecho nuevo le sugiere mil posibilidades y cada secreto arrancado a la naturaleza lo vuelve más exigente.

Ya hemos dicho cómo a partir del descubrimiento hecho por Becquerel, el matrimonio Curie llegó a descubrir el radio. Casi al mismo tiempo que ellos un joven físico, desconocido hasta entonces, en los ratos libres que le dejaba una tarea burocrática, estudiaba los trabajos

referentes al espacio y tiempo de Isaac Newton y otros genios del pasado. En 1905 publicó el resultado de sus investigaciones en unas cuantas páginas; estas páginas abrieron una era revolucionaria y aquel muchacho modesto y oscuro se hizo rápidamente famoso en todo el mundo: se llamaba Alberto Einstein.

No hablaremos ahora de su teoría de la relatividad, pero sí de una de sus consecuencias más extrañas. Según esa teoría, la materia es una formidable y temible concentración de energía: *en un solo gramo de sustancia existe condensada una energía de 25 millones de kilovatios-hora.* Piénsese un poco en esta cifra: si por algún procedimiento los físicos llegan a liberar totalmente y a regular esta energía, se podría hacer marchar la instalación eléctrica de una casa durante millones de años; o se podría hacer saltar un acorazado de 30.000 toneladas a una altura de 500 kilómetros.



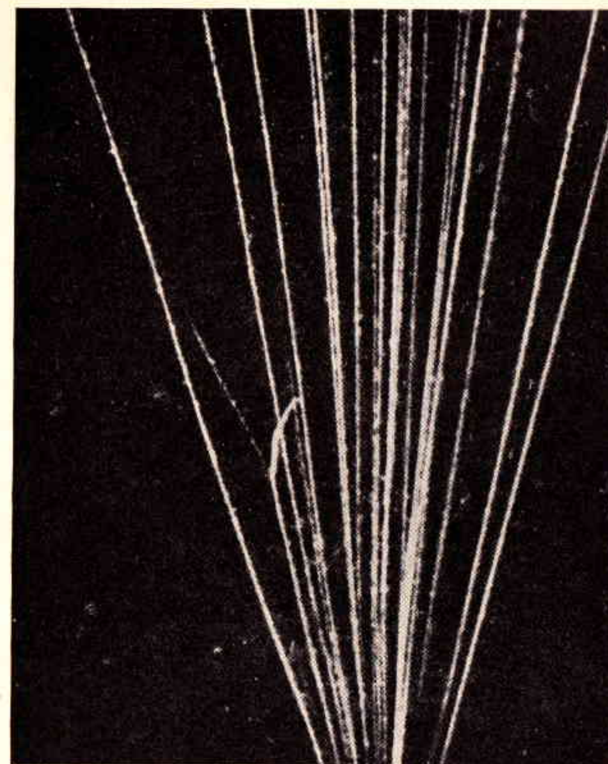
El acorazado saltaría a 500.000 metros...

Cuando Einstein lanzó su teoría, la fórmula pareció demasiado fantástica para ser verdadera; las especulaciones actuales están demostrando que la fórmula no es una simple especulación teórica.

Por de pronto hay en la tierra elementos que guardan dentro de sí energías tremendas y lo más importante es

que esas energías se van liberando por sí solas. Inmediatamente se les encontró aplicaciones prácticas y se las puso al servicio del hombre. Pero, ¿por qué esperar que toda esa energía acumulada se fuese aprovechando en forma tan lenta como la naturaleza lo había dispuesto? ¿No habría alguna forma de acelerar el proceso? Y entonces comenzó la gran lucha. Había que forzar a la materia a que entregase su energía. Los trabajos fueron arduos y la cantidad de hombres que contribuyeron y aunaron sus esfuerzos hicieron posible el triunfo. Estamos en los comienzos. El día que pueda aprovecharse no sólo la energía de los elementos radioactivos sino la que esconde en sí toda materia, como genialmente lo vaticinó Einstein, ese día el hombre sí que se podrá considerar el rey del Universo.

Podemos imaginarnos qué profundas transformaciones habrá en nuestro régimen de vida el día en que la energía intraatómica pueda liberarse y ser controlada.



Desintegración del nitrógeno por choque de un proyectil alfa.



Sir James Chadwick, uno de los destacados hombres de ciencia británicos que intervino activamente en la fabricación de la bomba atómica.

CAPÍTULO III

EL ÁTOMO PLANETARIO

RUTHERFORD BOMBARDEA EL ÁTOMO

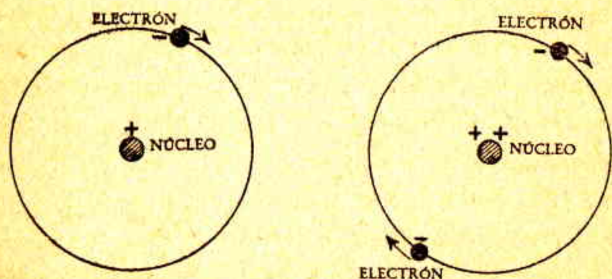
Los fenómenos radioactivos habían revelado que el átomo, lejos de ser una partícula indivisible del universo, era todo un complejo sistema de donde podían salir electrones, partículas alfa y rayos gamma. Los electrones son partículas cargadas con electricidad negativa; las partículas alfa, en cambio, están cargadas positivamente. Como *la materia es en general neutra,* es decir ni negativa ni positiva, había que suponer que estas partículas cargadas debían balancear exactamente sus cargas en el seno del átomo. Pero ¿cómo estaban distribuídas allí dentro? ¿Sería el átomo, tal como imaginaba Thomson, una esfera hueca con los electrones dentro?

En el año 1911, Lord Rutherford tuvo la idea de bombardear un trozo de materia (o sea un conjunto de átomos) con los proyectiles alfa lanzados por un cuerpo radioactivo; pensó que estos proyectiles podían servir

como verdaderas sondas para explorar el seno mismo de los átomos.

La experiencia tuvo pleno éxito y el resultado que extrajo Rutherford de sus medidas fué el siguiente: un átomo no es una esfera compacta, ni siquiera una esfera hueca; es, más bien, un sistema planetario en miniatura; en el centro, como un Sol, se halla el *núcleo* del átomo, partícula que tiene casi todo el peso del átomo; a grandes distancias, girando como planetas a velocidades vertiginosas, se hallan los electrones.

En la figura adjunta damos los esquemas de los dos átomos más sencillos: el del hidrógeno tiene un solo electrón planetario; el del helio, que es el átomo que sigue en orden de complejidad, tiene dos electrones planetarios:



Para que el átomo sea neutro, es necesario que la carga del núcleo sea igual y contraria a la carga de los electrones planetarios; por lo tanto, el núcleo del hidrógeno debe tener una carga positiva y el núcleo del helio dos.

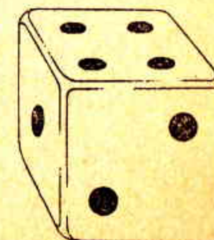
El núcleo positivo atrae hacia sí los electrones, por-

que electricidades de nombre contrario se atraen; pero como el electrón gira como un planeta, sufre una fuerza centrífuga que tiende a alejarlo del núcleo; la fuerza de atracción electrostática y la fuerza centrífuga de repulsión se equilibran exactamente y entonces el electrón sigue en una órbita invariable.

LAS DIMENSIONES DEL UNIVERSO ATÓMICO

Una molécula es una partícula muy pequeña. Aun en el caso del aire, en que están mucho más separadas que en el caso de un metal, en 1 centímetro cúbico hay 25.000.000.000.000.000.000 de moléculas; cuando se ve una cifra tan grande no se tiene idea de lo que significa concretamente; pero imaginemos que cada uno de los habitantes de la tierra, trabajando ocho horas diarias, cuente una molécula por segundo ¡se tardarían 12.000 años en hacer el recuento de las moléculas contenidas en un solo centímetro cúbico!

Pero una molécula es todavía más grande que un átomo, puesto que en general está formada por dos o más átomos. Y sin embargo esta partícula increíblemente pequeña que es un átomo todavía resulta ser *todo un universo planetario.* Al lado de lo que es un núcleo atómico, el átomo es algo gigantesco; *suponiendo que el*



En un volumen como el de un dado hay 25.000.000.000.000.000.000 de moléculas.

átomo tuviera el tamaño de la Tierra, el núcleo apenas tendría el aspecto de un grano de arena.

Lord Rutherford calculó que en 10 metros cúbicos de cobre, sólo hay 1 milímetro cúbico de materia compacta; todo el volumen que resta es puro vacío. Sir Arthur Eddington calculó que si del cuerpo humano se elimina todo el espacio vacío que hay dentro de los átomos y se comprimen los electrones y núcleos hasta que se toquen, ¡el volumen del cuerpo no sería mayor que el de una de esas partículas de polvo que se ven flotar en el aire, a la luz de un rayo de sol!

Puede pensarse que todo esto es una pura especulación; sin embargo, los astrofísicos han encontrado que en ciertas estrellas, llamadas *enanas blancas,* la materia se encuentra en un estado muy parecido a eso. En 1844 Bessel llegó a la conclusión de que cerca de Sirio debía haber una estrella lo suficientemente poderosa como para perturbar su marcha y su órbita. En 1862, Alvan Clark, probando un nuevo telescopio, alcanzó a ver el hasta entonces invisible e hipotético compañero de Sirio. Los cálculos de los astrónomos revelaron que esa estrella debía ser sumamente pesada y a la vez muy pequeña, del tamaño de un planeta. La conclusión era inevitable: la densidad de esa estrella era monstruosa; era unas 50.000 veces más densa que el agua. Un litro de compañero de Sirio debía pesar, pues, ¡50 toneladas!

Hay que suponer, por lo tanto, que las enormes presiones y temperaturas que hay en el centro de las estrellas son capaces, en cierto momento, de producir una trituración de los átomos, rompiendo los sistemas planetarios de núcleos y electrones y juntando las partículas hasta el máximo. Los astrofísicos de la actualidad suponen que en un momento dado de la evolución estelar, hacia el fin de la "vida" de una estrella, las tensiones internas que soportan el peso de las capas externas del astro se hacen insuficientes y entonces, como un colosal rascacielos cuyos cimientos hayan sido lentamente carcomidos, el astro se derrumba hacia el centro. Como resultado de la caída de esos cuatrillones de toneladas, los átomos son triturados y comprimidos y la esfera que tenía un millón de kilómetros de diámetro se reduce a una insignificante partícula comparable a nuestro planeta.

En 1934, el astrónomo Kuiper descubrió la enana blanca que ha batido todos los récords de densidad hasta el presente: su densidad parece ser de 35 toneladas por centímetro cúbico. Un litro de esa superenana pesaría, pues, ¡35 mil toneladas!

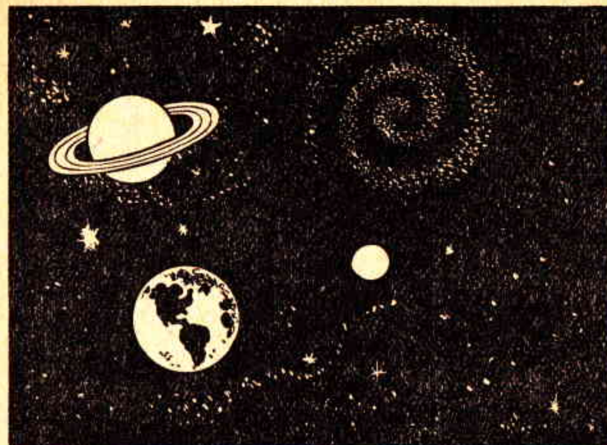
LA SERIE DE LOS ELEMENTOS

Hemos dicho que el universo está formado por las diferentes combinaciones de 92 elementos químicos, como una gran biblioteca puede estar constituída por las combinaciones de 25 letras.

Esos 92 elementos no han sido descubiertos todos a la vez, como es natural; y, lo que es curioso, algunos fueron encontrados antes en estrellas que en nuestras cercanías terrestres. Es el caso del *helio*, que debe su nombre al hecho de haber sido descubierto en el Sol.

Por otra parte, los 92 elementos tienen diferente peso y complejidad. El más sencillo de todos y también más

liviano es el *hidrógeno,* gas muy combustible que se encuentra en pequeñas proporciones en la atmósfera te-



92 elementos forman el Universo.

rrestre; este átomo es designado entonces con el "número atómico" 1; el peso de este átomo se lo toma también como 1 y sirve para comparar el de los otros.



25 letras forman una Biblioteca.

El átomo que viene después es el *helio;* su número atómico es, pues, 2; su peso atómico es 4, lo que significa que un átomo de helio equivale, en peso, a 4 átomos de hidrógeno.

Así, por orden de peso creciente y de mayor complejidad se van ordenando los 92 elementos. En la tabla adjunta están todos, pero los pesos atómicos que figuran son redondeados:

Número atómico	Elemento	Símbolo	Peso	Número atómico	Elemento	Símbolo	Peso
1	Hidrógeno	H	1	47	Plata	Ag	108
2	Helio	He	4	48	Cadmio	Cd	112
3	Litio	Li	7	49	Indio	In	115
4	Berilio	Be	9	50	Estaño	Sn	119
5	Boro	B	11	51	Antimonio	Sb	120
6	Carbono	C	12	52	Telurio	Te	137
7	Nitrógeno	N	14	53	Iodo	I	127
8	Oxígeno	O	16	54	Xeno	Xe	130
9	Flúor	F	19	55	Cesio	Cs	133
10	Neón	Ne	20	56	Bario	Ba	137
11	Sodio	Na	23	57	Lantano	La	139
12	Magnesio	Mg	24	58	Cerio	Ce	140
13	Aluminio	Al	27	59	Praseodimio	Pr	141
14	Silicio	Si	28	60	Neodimio	Nd	144
15	Fósforo	P	31	61	Llinio	Ie	?
16	Azufre	S	32	62	Samario	Sm	150
17	Cloro	Cl	35	63	Europio	Eu	152
18	Argón	Ar	40	64	Cadalinio	Gd	157
19	Potasio	K	39	65	Terbio	Tb	159
20	Calcio	Ca	40	66	Disprosio	Ds	162
21	Escandio	Sc	44	67	Holmio	Ho	163
22	Titanio	Ti	48	68	Erbio	Er	168
23	Vanadio	V	51	69	Tulio	Tm	168
24	Cromo	Cr	52	70	Iterbio	Yb	173
25	Manganeso	Mn	55	71	Lutecio	Lu	175
26	Hierro	Fe	56	72	Hafnio	Hf	179
27	Cobalto	Co	59	73	Tantalio	Ta	181
28	Níquel	Ni	57	74	Tungsteno	W	184
29	Cobre	Cu	64	75	Renio	Re	186
30	Zinc	Zn	65	76	Osmio	Os	191
31	Galio	Ga	70	77	Iridio	Ir	193
32	Germanio	Ge	72	78	Platino	Pt	195
33	Arsénico	As	75	79	Oro	Au	197
34	Selenio	Se	79	80	Mercurio	Hg	201
35	Bromo	Br	80	81	Talio	Tl	204
36	Kriptón	Kr	83	82	Plomo	Pb	207
37	Rubidio	Rb	85	83	Bismuto	Bi	208
38	Stroncio	Sr	88	84	Polonio	Po	210
39	Itrio	Y	89	85	?	?	?
40	Zirconio	Zr	91	86	Radón	Rn	222
41	Niobio	Nb	93	87	? N	?	?
42	Molibdeno	Mo	96	88	Radio	Ra	226
43	Masurio	Ma	?	89	Actinio	Ac	227
44	Rutenio	Ru	102	90	Torio	Th	232
45	Rodio	Rh	103	91	Pr. actinio	Pa	231
46	Paladio	Pd	107	92	Uranio	U	238

LOS ELECTRONES PLANETARIOS

El hidrógeno, cuyo número atómico es 1, tiene un solo electrón planetario. El helio, cuyo número atómico es 2, tiene 2 electrones planetarios, etc. Es decir: el número de electrones planetarios es el que fija la posición del átomo en la tabla de clasificación.

El uranio, último elemento de la tabla, tiene 92 planetas.

CÓMO SE EDIFICAN LOS NÚCLEOS

Según las ideas actuales, los núcleos atómicos están formados por la agrupación de *protones* y *neutrones*. ¿Qué son estas partículas?

El protón es el núcleo del hidrógeno; es una partícula cargada positivamente y pesa 1840 veces más que el electrón. Su peso en gramos es, aproximadamente 0,000.000.000.000.000.000.000.001 gramos.

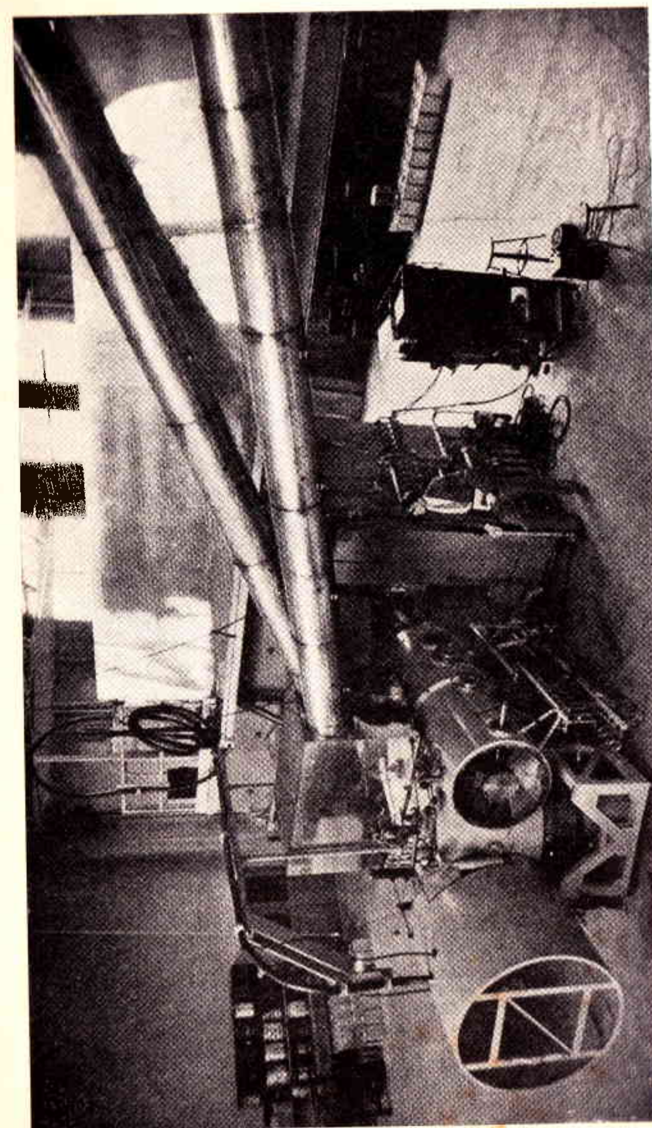


PROTÓN

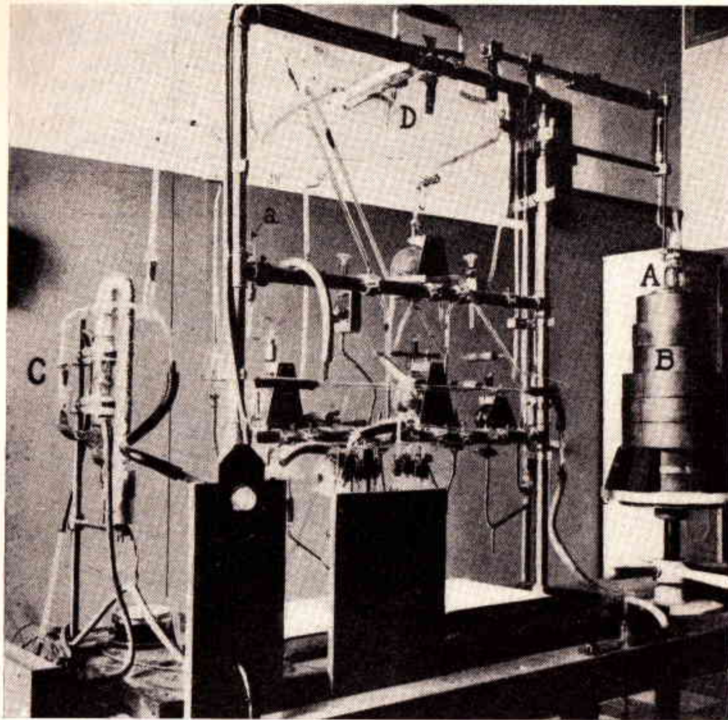


NEUTRÓN

El neutrón es una especie de protón pero desprovisto de la carga eléctrica; es materia pura, sin electricidad, y de ahí el nombre que se le dió. Fué descubierto por el doctor J. Chawick, colaborador de Lord Rutherford, en 1932. El peso del neutrón es prácticamente igual al del protón.

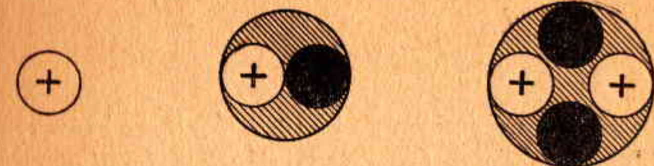


El gigantesco ciclotrón de Lawrence.



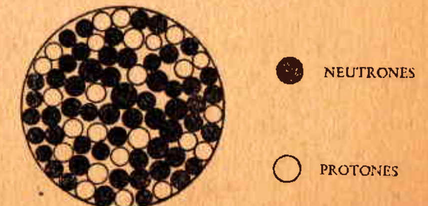
Cómo se extrae el radón, "encendedor" de la bomba atómica.

La figura adjunta muestra cómo están formados los núcleos de tres de los átomos más simples: el hidrógeno, el hidrógeno pesado y el helio.



Como se ve, el *peso* del átomo está dado por el *número de protones y neutrones*, lo que es explicable: como el peso del hidrógeno ha sido tomado como 1, y como el peso del electrón es despreciable, resulta que el peso del protón es también 1; el peso del neutrón, por lo tanto, es también 1. Un átomo que tiene 10 protones y 20 neutrones pesará entonces 30. El uranio 235, famoso por la bomba atómica, debe tener, pues, 235 protones y neutrones. Pero eso no quiere decir que tenga la mitad de protones y la mitad de neutrones; por el contrario, tiene un franco exceso de neutrones; como tiene número atómico 92, quiere decir que tiene 92 electrones negativos a su alrededor; esas 92 cargas negativas deben ser compensadas con 92 protones del núcleo; el resto

$$235 - 92 = 143$$



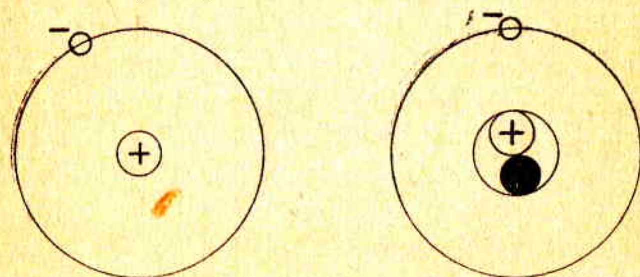
El núcleo del Uranio.

es el número de neutrones que tiene en su núcleo. Parece ser que este exceso de neutrones es lo que hace al uranio 235 veces tan peligro-

samente inestable y listo para estallar; como veremos, basta la intrusión de un neutrón más para que el átomo se parta en una formidable explosión.

ISÓTOPOS

Hay algo muy curioso de lo que todavía no hemos hablado: los *isótopos* (en griego significa *igual lugar*). Por ejemplo, hace poco se descubrió que además del hidrógeno vulgar había otro más pesado, que se llamó *hidrógeno pesado* o deuterio. La figura adjunta muestra la diferencia existente entre un átomo de hidrógeno y otro de hidrógeno pesado:



Como se ve, la diferencia es la siguiente: el hidrógeno tiene un *núcleo diferente*, pues en vez de tener un protón solo tiene también un neutrón; como el neutrón no tiene carga eléctrica, la carga total del núcleo sigue siendo la misma que en el hidrógeno liviano y, por lo tanto, bastará un solo electrón planetario para compensar; como el neutrón pesa lo mismo que el protón, el peso del núcleo del deuterio será doble.

Este ejemplo nos muestra que dos átomos que tienen

diferente peso pero el mismo número de electrones *tienen las mismas propiedades químicas;* como tienen igual número de electrones, tienen el mismo número de orden en la tabla de los elementos y están en el mismo lugar; de ahí el nombre de *isótopos.*

El hidrógeno pesado es muy raro en la naturaleza; como tiene las mismas propiedades químicas que el liviano, se combina también con el oxígeno para dar agua; claro que ésta es un *agua pesada,* pesa un 5 % más que el agua común y sería muy ventajosa para la gente que no sabe nadar bien, puesto que los sostendría un 5 % más.

El hidrógeno pesado tiene gran aplicación en la física nuclear. Su núcleo es llamado *deutón* y es actualmente muy empleado para los bombardeos atómicos.

Todos los elementos tiene isótopos. El uranio, por ejemplo, tiene varios. El de peso 235 se ha hecho ahora famoso por la bomba atómica.

Capítulo IV

EL ATAQUE DE LA FORTALEZA NUCLEAR

INGLATERRA, 1919

En el año 1919, Lord Rutherford, en el célebre Laboratorio Cavendish, inició el ataque de la fortaleza nuclear. ¿Qué se proponía este sabio al realizar este ataque? No hay que pensar que se dejaba conducir ciegamente por el deseo de hacer cosas al azar; muy pocos de los grandes descubrimientos científicos han sido logrados de esta manera; por el contrario, Rutherford tenía ideas bien definidas de lo que quería. Quería, lisa y llanamente, realizar el antiguo sueño de los alquimistas, *transmutar un elemento químico en otro*. Los alquimistas antiguos y medioevales querían convertir en oro los metales viles, pero los procedimientos de que se valían eran totalmente ineficaces: calentar, destilar, secar, quemar; las energías que estos hombres ponían en juego eran ridículamente insignificantes, pues, como veremos, eran millones y millones de veces más pequeñas que las necesarias para perforar la muralla nuclear;

era algo así como si los aliados hubieran atacado la línea Sigfrido con flechas y piedras.

Si bien en 1919 todavía no se conocía la existencia del neutrón, las ideas sobre el núcleo se acercaban bastante a las actuales; se conocía la existencia de los protones y de los electrones y se suponía que un núcleo atómico se diferenciaba de otro por el *número* de protones y electrones que lo componían. La idea esencial era correcta; ahora sabemos que en el núcleo sólo hay protones y neutrones; pero sigue siendo cierto que la diferencia entre dos núcleos de dos átomos químicamente distintos es una diferencia de *número* de partículas, *de modo que si por algún procedimiento se logra introducir en el núcleo una nueva partícula, el átomo debe convertirse en un átomo diferente.*

Veamos un ejemplo concreto: si miramos un poco la tabla de los elementos químicos que hemos dado páginas más atrás, veremos que el nitrógeno (N) tiene número atómico 7 y peso atómico 14. Ya sabemos cómo se deben interpretar esos números: significa que un átomo de N tiene 7 electrones planetarios; esas 7 cargas negativas deben ser compensadas con 7 cargas positivas en el núcleo, por lo cual debe haber 7 protones; con 7 protones el peso del núcleo sería solamente 7; para alcanzar a 14 hay que agregar otras 7 partículas y esas partículas deben ser neutrones, para que la carga eléctrica, que ya está completa, no varíe. En resumen: *el núcleo de nitrógeno tiene 7 protones y 7 neutrones.*

Veamos ahora qué pasa con el oxígeno (O). La tabla nos dice que tiene número 8 y peso 16. Eso significa que *el núcleo de oxígeno tiene 8 protones y 8 neutrones.*

De inmediato se ve la posibilidad de transmutar el nitrógeno en oxígeno, lanzando contra el núcleo de nitrógeno alguna partícula suficientemente poderosa como para perforar la fortaleza nuclear y lograr así aumentar el número de partículas nucleares hasta 16. Esta fué, en líneas generales, la idea de Lord Rutherford cuando realizó su histórica experiencia de 1919.

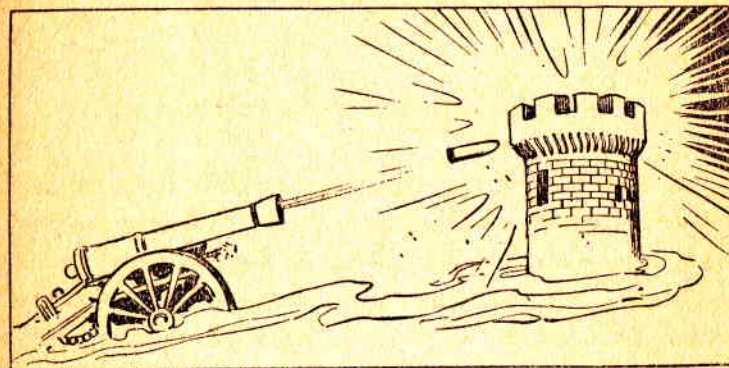
LA TRANSMUTACIÓN DEL NITRÓGENO

Los núcleos atómicos están rodeados de todo un enjambre de electrones planetarios, o sea de cargas negativas. Este hecho impide llegar hasta el núcleo mediante el bombardeo con electrones; las electricidades del mismo nombre se rechazan y el proyectil electrónico sería rechazado por las "defensas exteriores" del núcleo mucho antes de llegar hasta sus cercanías.

Rutherford pensó, por eso, en el bombardeo con partículas alfa. Las partículas alfa son núcleos de helio compuestas de 2 protones y 2 neutrones; o sea que tienen 2 cargas eléctricas positivas. Siendo así, estas partículas no serán rechazadas por las defensas exteriores del núcleo, por la barrera de electrones planetarios; las partículas alfa, lanzadas por los átomos radioactivos a 50 millones de kilómetros por hora entrarían a enorme velocidad y con formidable energía a través de estas defensas exteriores y se precipitarían hasta el núcleo mismo del átomo.

Ahora bien: el núcleo mismo del átomo bombardeado tiene cargas positivas, de modo que a medida que la par-

tícula alfa se acerca empiezan a actuar las fuerzas de repulsión eléctrica, entre las cargas positivas del núcleo y las cargas positivas del proyectil alfa. Rutherford tuvo presente esta circunstancia y hasta debe de haber pensado en la posibilidad de que no fuese posible alcanzar el núcleo por efecto de estas fuerzas repulsivas. Sin em-



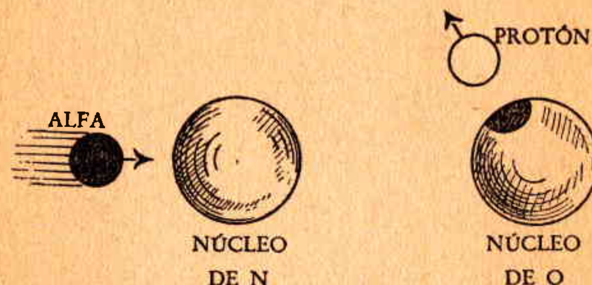
El núcleo de una fortaleza electrizada.

bargo, a pesar de todo, intentó la experiencia, confiado en parte en la formidable energía de partículas que viajan a 50 millones de kilómetros por hora. Es un caso semejante a éste: una piedra puede alcanzar cierta altura, si la arrojamos con suficiente velocidad inicial, a pesar de que la Tierra está constantemente frenándola.

Guiado por estas ideas y por esta fe, Lord Rutherford bombardeó, en fin, los átomos de nitrógeno con partículas alfa lanzadas por una sustancia radioactiva. *La experiencia fué un éxito.* ¡El átomo de nitrógeno fué transformado en oxígeno! Por primera vez en la historia de la humanidad, el hombre lograba realizar el viejo sueño de transmutar la materia. ¿Se llegaría a fabricar oro a

partir de los metales viles? Se llegaría a algo mucho más valioso que eso, como ya veremos.

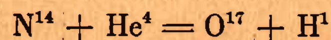
Lo curioso es que el oxígeno logrado en este bombardeo no era el oxígeno común de peso 16 sino un oxígeno más pesado, de peso 17. Es decir, un isótopo pesado del oxígeno corriente. La figura adjunta nos visualiza groseramente el proceso de esta transmutación: la partícula alfa perfora el núcleo, y en cambio expulsa del seno de éste un protón.



La transmutación del nitrógeno.

El balance de las partículas puestas en juego evidencia que el peso del oxígeno resultante es 17. En efecto: el núcleo bombardeado de nitrógeno tiene peso 14: más 4 de la partícula alfa da 18; menos 1 del protón expulsado, da 17.

Los físicos indican estos procesos o "reacciones nucleares" del siguiente modo:

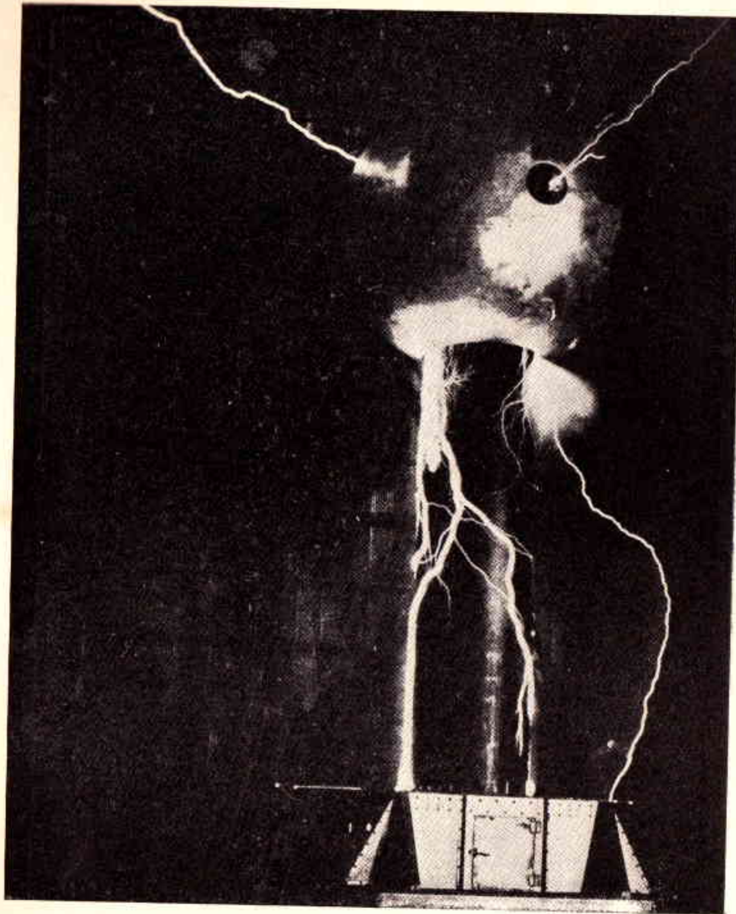


$$N^{14} + He^{4} = O^{17} + H^{1}$$

Se puede observar que el número colocado arriba y a la derecha es el peso de cada partícula. En vez de par-



Lawrence, el mago de los ciclotrones.



El Van der Graaff en funcionamiento.

tícula alfa hemos puesto He, que significa helio; en vez de protón hemos puesto H, que significa hidrógeno.

PERO, ¿CÓMO SE VEN ESTOS PROCESOS?

Hasta ahora no hemos dicho nada sobre la forma que tienen los físicos de "ver" estos procesos; desde luego, no pueden ser con el microscopio, pues, si recordamos una de las imágenes dadas por Stoermer, y que hemos reproducido al comienzo de este libro, sería necesario amplificar un microbio hasta que fuesen monstruos de 100 metros de largo, para que un átomo empezase a ser visible. Las partículas nucleares son todavía infinitamente más pequeñas y todo intento de verlas con el microscopio es utópico.

Hay, sin embargo, una forma de seguir los procesos de transmutación, mediante la llamada "cámara de Wilson".

OTROS EXPERIMENTOS DE RUTHERFORD

El éxito de la primera experiencia indujo a Lord Rutherford y a sus jóvenes colaboradores a realizar bombardeos sistemáticos contra otros elementos químicos, a ver si la transmutación era un hecho aislado en el caso del nitrógeno o bien un hecho universal y posible con todos los elementos.

Las experiencias revelaron que los proyectiles alfa eran capaces de realizar otras transmutaciones: el boro fué transformado en carbono; el sodio en magnesio y el aluminio en sílice.

Pero se notó un hecho curioso: la cantidad, o mejor dicho la proporción de elemento transmutado era cada vez menor, a medida que se operaba con átomos más pesados, hasta llegar a ser nula. Fué imposible lograr transmutaciones más allá del argon.

Parecía como si los elementos pesados fueran invulnerables. Era posible, sin embargo, que esta invulnerabilidad fuese relativa, debido a que las cargas positivas de los núcleos son más grandes a medida que los átomos son más pesados; esta mayor carga positiva significa una mayor defensa contra los proyectiles alfa, porque las fuerzas de repulsión electrostáticas se hacen más poderosas.

Si esto era cierto había una solución; aumentar la velocidad inicial de los proyectiles. Pero esto era imposible, pues los proyectiles alfa son lanzados por sustancias radioactivas, a velocidad bien determinada y ajena por completo a los deseos del experimentador. Pero había otra solución: lanzar proyectiles con cañones no naturales sino artificiales. Éste fué el nuevo camino, iniciado por un discípulo de Rutherford.

Capítulo V

LOS BOMBARDEROS ATÓMICOS

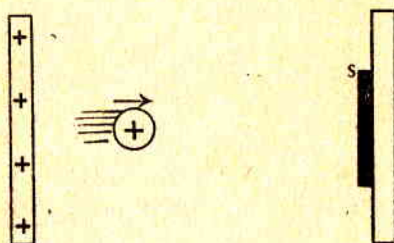
LA RUPTURA DEL NÚCLEO DE LITIO

Hemos dicho que los núcleos atómicos tienen una carga eléctrica positiva. Siendo así, una partícula cargada positivamente (protón, partícula alfa, deutón) que pretenda llegar hasta el núcleo de un átomo debe tener una gran velocidad inicial, pues de otro modo su energía no bastará para vencer las fuerzas de repulsión electrostática. Si se desea, pues, transmutar la materia utilizando proyectiles cargados positivamente, hay que lanzarlos previamente a velocidades suficientemente grandes.

Lord Rutherford, en los primeros trabajos de transmutación, evitó esta dificultad utilizando partículas que *ya tenían* el impulso necesario: las partículas alfa emitidas por los átomos radioctivos a una velocidad de *50 millones de kilómetros por hora.* De no haber existido tales obuses naturales, la transmutación se habría demorado hasta tanto el hombre hubiera ideado una especie de obús adecuado para lanzar partículas alfa, protones o deutones; o bien hasta el descubrimiento del neutrón, que,

como veremos, entra en la fortaleza nuclear sin resistencia de ninguna especie.

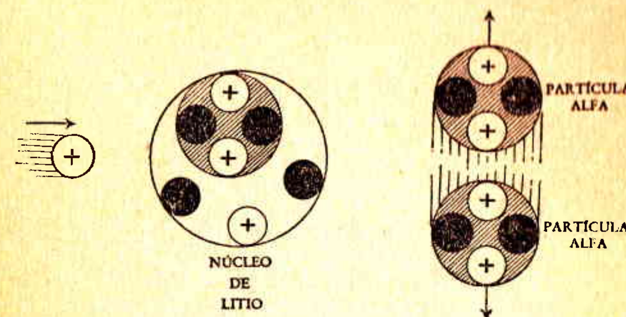
Todos los aparatos de bombardeo consisten, esencialmente, en dos placas entre los cuales se establece una diferencia de potencial que puede llegar a ser de millones de voltios. La partícula cargada que ha de servir de proyectil es acelerada en el campo eléctrico y lanzada



contra el blanco constituído por la sustancia S que ha de ser desintegrada.

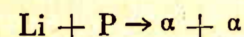
Las primeras experiencias con protones lanzados fueron logradas en el famoso laboratorio de Lord Rutherford por uno de sus alumnos, el doctor J. Cockroft. Mediante un transformador que daba medio millón de voltios, lanzó contra un blanco de litio proyectiles positivos (protones) a la velocidad de 10.000 kilómetros por segundo, o sea a unos 36 millones de kilómetros por hora. Esta velocidad es inferior a los 50 millones de las partículas alfa utilizadas por Lord Rutherford; sin embargo, su eficiencia es mayor, pues siendo su carga eléctrica igual a la mitad de la carga de una partícula alfa, la resistencia que encuentra para penetrar en la fortaleza nuclear se reduce a la mitad.

Cockroft, ayudado por Walton, inició sus experiencias con el átomo de litio; la reacción nuclear es muy sencilla: el protón penetra en el núcleo de litio y éste se parte en dos trozos iguales, tal como muestra la figura; estos trozos son, cada uno de ellos, partículas alfa. La marcha de estos experimentos fué seguida, como siempre, con la cámara de Wilson.



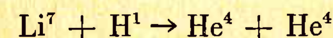
La ruptura del litio.

Simbólicamente, esta reacción nuclear se puede representar en la siguiente forma:



$$Li + P \rightarrow \alpha + \alpha$$

O también, teniendo presente que un protón (P) es lo mismo que un núcleo de hidrógeno (H), y que una partícula alfa (α) es lo mismo que un núcleo de helio (He):



$$Li^{7} + H^{1} \rightarrow He^{4} + He^{4}$$

Esta reacción se produce con emisión de energía (como pasa en las "reacciones exotérmicas" de la química); la energía producida es de 17 millones de electrón volts; como la energía necesaria para acelerar el protón que

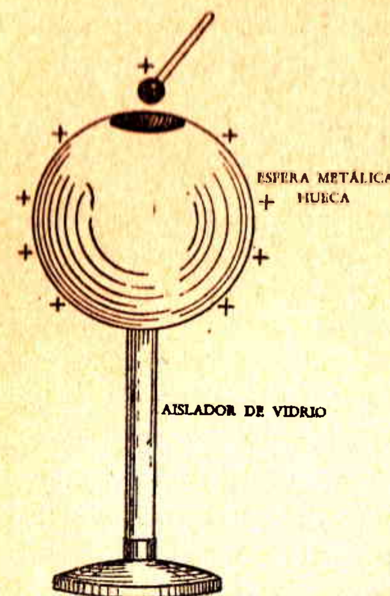
hace de proyectil es de algunos centenares de miles, se comprende que esta reacción puede ser la base para provocar el desencadenamiento de grandes energías nucleares; ¿dónde está la dificultad? La dificultad reside en que la mayoría de los proyectiles no aciertan con el núcleo de litio, que es un blanco infinitesimal; son muy pocos los protones que aciertan y el rendimiento es muy pobre. No es por este camino, pues, por donde se ha de poder aprovechar la inmensa energía subatómica que ha culminado ahora con la creación de la bomba.

Los mismos físicos ampliaron sus experiencias, bombardeando otros elementos, como el boro y el nitrógeno. Pero la consecuencia más importante de estas experiencias fué la idea de construir poderosos aparatos de bombardeo atómico, que habrían de superar en millones de veces la potencia del aparato de Cockroft, abriendo nuevos horizontes a la física nuclear.

EL BOMBARDERO DE VAN DE GRAAFF

En los cursos de física elemental nos han enseñado que la electricidad se distribuye sobre la superficie de los conductores: si por cualquier procedimiento logramos introducir una carga hasta el interior de un conductor hueco, apenas colocada la carga emigra hacia la superficie externa, de modo tal que el interior queda siempre sin carga y ávida, por decirlo así, de nuevas cargas. Este experimento se hace siempre con una esfera metálica hueca que tiene un agujero en su parte superior; mediante otra esferita, provista de un mango aislador,

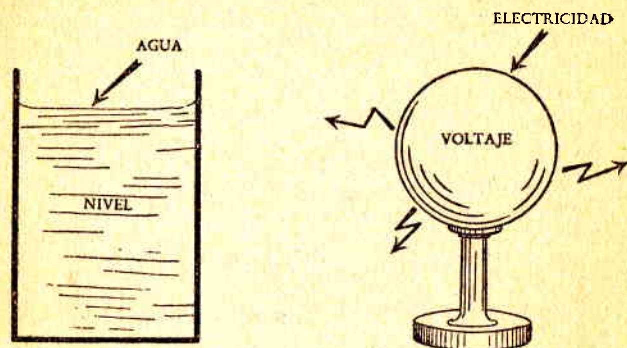
se transporta hasta el interior de la esfera grande una carga eléctrica, por ejemplo positiva; la experiencia revela que la esferita es despojada de su carga apenas toca el interior de la esfera grande, y la carga pasa de inmediato a la superficie externa.



Van de Graaff pensó que este principio podía ser utilizado para obtener fácilmente grandes cargas y por lo tanto altos potenciales eléctricos (el potencial eléctrico es algo así como el *nivel* eléctrico; del mismo modo que al poner agua en una vasija, alcanza cierto nivel, al poner electricidad en un conductor metálico alcanza un "nivel eléctrico"; este nivel eléctrico es lo que se llama potencial o voltaje y se mide en *volts;* desde luego, tanta

más electricidad se pone en el conductor, tanto más se eleva el nivel o potencial).

En el aparato de Van de Graaff, en lugar de llevar repetidas veces la esferita cargada hasta el interior de la esfera grande, imaginó un procedimiento para "moto-

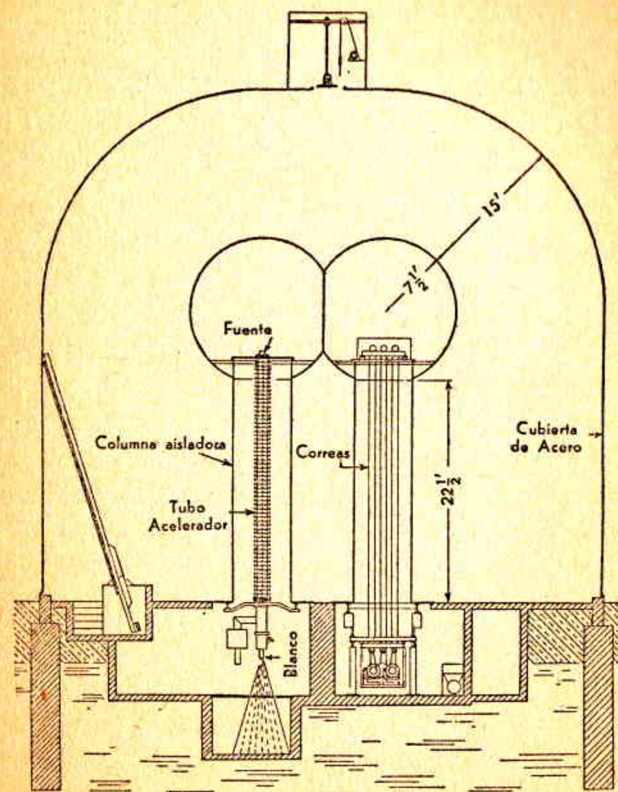


rizar" esta operación; mediante una correa sin fin aisladora (de seda), logró realizar el transporte continuo y rápido de pequeñas cargas desde un transformador eléctrico hasta el interior de la gran esfera. De este modo, se logra actualmente cargar tales esferas a potenciales enormes, capaces de acelerar las partículas atómicas a fantásticas velocidades.

Veamos algunos datos. El aparato de Van de Graaff cuya fotografía damos en este libro, puede producir un potencial de unos 5 millones de volts en pocos minutos; al llegar a este potencial, la enorme esfera, aislada de tierra por grandes tubos de vidrio, comienza a lanzar enormes rayos que pueden ser sumamente peligrosos; la emisión de estos rayos significa que el aparato ha llegado al límite: más allá de ese voltaje no se puede pasar;

es como una vasija que ha sido llenada hasta los bordes.

En la lámina puede observarse que un gran tubo hueco de vidrio, vertical, va desde la esfera hasta el suelo; por



Esquema del Van de Graaff.

ahí dentro corren los proyectiles que son acelerados por la enorme diferencia de potencial, hasta llegar a la parte inferior donde entran a un laboratorio subterráneo; aquí,

chocan contra las sustancias que sirven de blanco y que han de ser desintegradas.

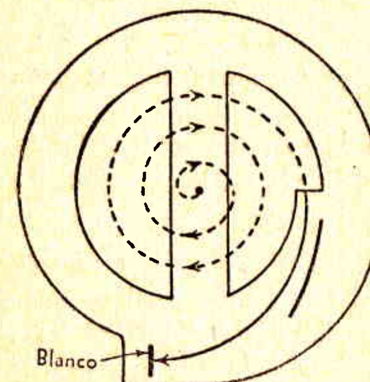
EL CICLOTRÓN DE LAWRENCE

La segunda idea para la construcción de aparatos de bombardeo pertenece al doctor Ernest Lawrence, del Instituto Tecnológico de California, quien ha obtenido el Premio Nóbel por su importante contribución a la ciencia nuclear. En este aparato, las partículas no son aceleradas en línea recta por un desnivel eléctrico, como en el caso anterior, sino que son lanzadas en forma de espiral, un poco como se lanza una piedra con una de las antiguas hondas de pastor. Desde luego, para que la partícula cargada se mueva en una órbita circular o espiral, actúa perpendicularmente un poderoso campo magnético producido por un enorme electroimán; al cabo de cada vuelta la velocidad del proyectil —acrecentada por un campo eléctrico— va en aumento, como un volante que a cada vuelta se le diera un impulso; finalmente, el proyectil sale lanzado a tremenda velocidad contra el blanco prefijado; la órbita es espiral, en vez de circular, justamente porque la velocidad es cada vez mayor y, por lo tanto, también es mayor la fuerza centrífuga; es por la



misma razón que las faldas de una bailarina se abren cada vez más a medida que gira con mayor velocidad.

La ventaja esencial de este procedimiento es que no requiere el gran voltaje del aparato de Van de Graaff; si, por ejemplo, el transformador eléctrico que da el impulso es de 10.000 volts, en *cada vuelta* la partícula sufre un impulso de 10.000 volts; si da 10 vueltas, el impulso total es de 100.000 volts; y si da 1000 vueltas, el impulso es de 10.000.000 volts.



Esquema del ciclotrón.

Si se piensa que en los actuales ciclotrones el campo eléctrico acelerador es de 100.000 volts, se puede tener una idea de las devastadoras velocidades que pueden adquirir los protones y deutones lanzados por esta máquina.

El ciclotrón más grande del mundo está, naturalmente, en los Estados Unidos, en el Instituto de California. El electroimán tiene una potencia de 40 kilowatts, potencia suficiente para alimentar una poderosa estación radio-

telefónica. El voltaje acelerador es de 250.000 volts y se obtienen deutones a 16 millones de volts y partículas alfa a 32 millones.

El doctor Lawrence, el mago de los ciclotrones, ha comenzado la construcción de un superbombardero que demandará 3700 toneladas de acero para el electroimán, 300 toneladas de cobre para el bobinaje, piezas polares de casi 5 metros de diámetro. Este aparato costaría unos dos millones y medio de dólares y sería capaz de lanzar partículas a 100 millones de volts.

EL USO DE LOS BOMBARDEROS ATÓMICOS

Los aparatos de Van de Graaff y del doctor Lawrence iniciaron una gran era en la transmutación, porque fué posible desde ese momento, lanzar contra diferentes núcleos, protones, deutones y partículas alfa con velocidades prefijadas y tan grandes casi como se deseara. En particular, la radioactividad artificial recibió un gran impulso por la fabricación de una enorme cantidad de nuevos átomos radioactivos, que pueden ser utilizados con fines físicos, médicos o puramente biológicos. Desde el punto de vista teórico, estos aparatos han llevado a un conocimiento más profundo y sistemático de los misterios del núcleo atómico y han abierto el camino de descubrimientos sensacionales.

COMIENZA LA LIBERACIÓN DE ENERGÍA ATÓMICA

Hemos dicho que según la teoría de Einstein, la materia es una portentosa acumulación o concentración de

energía. Así como un poquito de éter, al evaporarse, llena con sus vapores toda una habitación, del mismo modo, pero en proporciones enormemente más grandes, una partícula de materia, al desintegrarse puede dar origen a enormes cantidades de energía, que es algo así como "vapor de materia".

En 1905, la fórmula de Einstein no pasaba de ser una mera especulación teórica. En 1 gramo de materia nos afirmaba que existían 25 millones de kilovatios hora. Pero, ¿cómo poner en libertad semejante energía? Einstein no lo sabía; nadie lo sabía. Más todavía: nadie lo creía.

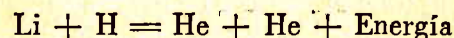
Sin embargo, los fenómenos radioactivos estaban ya mostrando a los físicos que alguna fuente inagotable o prácticamente inagotable se escondía en el seno de los átomos. ¿Cómo era posible, si no, que durante millones de años el uranio, el radio, el polonio, el torio y otros elementos estuviesen lanzando energía al espacio?

La investigación del núcleo y las primeras transmutaciones logradas por Rutherford y sus alumnos empezaron a echar luz sobre este problema y mostraron que la doctrina einsteniana de la concentración energética no era nada descabellada.

En la química existen las llamadas reacciones *exotérmicas* (palabra que en griego significa "echar calor hacia afuera"). Un ejemplo muy familiar de reacción exotérmica es la combustión del carbón. Al juntarse los átomos de carbón con los átomos de oxígeno del aire, se forma una molécula distinta y esa formación se hace con desprendimiento de calor. Es lo que se llama una "reacción exotérmica".

Algo análogo pasa con las reacciones nucleares, pero con la diferencia que las energías puestas en juego son millones y millones de veces más grandes. Las reacciones químicas han llevado a los explosivos comunes (todo explosivo es, en última instancia, una reacción química que se produce con gran desprendimiento de energía); pero las reacciones nucleares han llevado a los "explosivos atómicos", donde la energía que se libera es infinitamente más poderosa, porque son los núcleos de los átomos los que se reorganizan y no las moléculas.

Veamos un ejemplo concreto. En la transmutación producida por el doctor J. Cockroft, el litio se transformaba en helio, bajo el impacto del protón, pero al mismo tiempo se desprendía una enorme cantidad de energía. Es decir que la reacción nuclear se debe esquematizar en la siguiente forma:



$$Li + H = He + He + \text{Energía}$$

Si fuese posible transformar 1 gramo de litio. *totalmente*, la energía producida en esta reacción "exotérmica" sería igual a

2.500.000.000.000.000.000 ergs

Esta energía es considerable, pero sin embargo no es por este lado por donde la física ha encarado el problema de encontrar un combustible casi inagotable. ¿Por qué? Por lo siguiente: hemos visto que un átomo es algo muy pequeño, pero un núcleo es infinitamente más pequeño; la superficie, el blanco, digamos, que ofrece un núcleo al proyectil de bombardeo es 100.000.000 de veces más pequeño que el blanco ofrecido por un átomo. Y como

los proyectiles son lanzados a la buena de Dios, es de imaginar qué pequeña ha de ser la probabilidad de que logren el impacto en el núcleo. Se calcula que un proyectil tiene que atravesar unos cien millones de átomos para acertar con un núcleo; y como la energía de la partícula se hace menor a medida que avanza en la materia, es muy probable que cuando dé en el blanco ya no tenga energía suficiente para romper el núcleo.

Los físicos han calculado que de cada mil proyectiles que entran en la materia bombardeada, sólo 1 termina por dar en el blanco. El rendimiento es, como se ve, pobrísimo. ¿Qué hacemos con que en el choque se desate una gran energía si hemos gastado una energía mayor en enviar los 999 proyectiles perdidos?

Ésta era la situación antes del descubrimiento del neutrón. Los físicos sabían que estaban ante monstruosas energías concentradas dentro de la fortaleza nuclear. Pero luchaban con medios que resultaban casi ridículos, tirando al azar, como en la oscuridad, para hacer saltar de vez en cuando un polvorín.

CAPÍTULO VI

LA BOMBA ATÓMICA

EL DESCUBRIMIENTO DEL NEUTRÓN

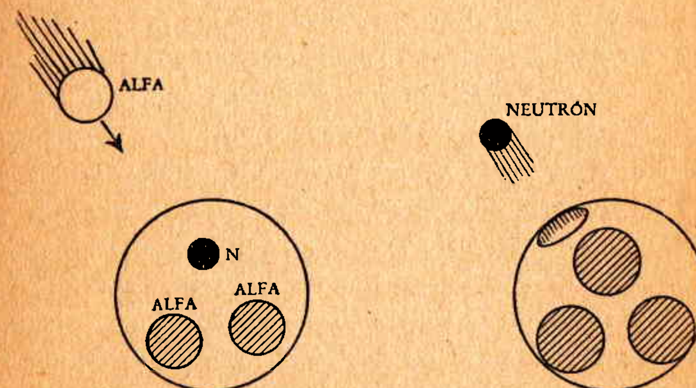
En el año 1930, los físicos alemanes Bothe y Becker, bombardeando berilio y otros átomos livianos, descubrieron una nueva y poderosa radiación que no resultaba desviada por campos magnéticos. Es decir, parecía que estas radiaciones eran semejantes a las radiaciones gamma emitidas por el radio, pues también éstas no sufrían desviaciones en los campos electromagnéticos. Era probable, pues, que fuesen ondas y no corpúsculos cargados.

Retomando estos trabajos, en 1931, los esposos Joliot, bombardearon berilio y otros elementos con proyectiles alfa; de sus experimentos resultó que esa radiación desconocida y misteriosa proveniente del berilio era capaz de poner en violento movimiento átomos que se encontrasen en las cercanías. Estas experiencias hacían pensar que las radiaciones desconocidas debían ser probablemente partículas.

Finalmente, el físico inglés Chadwick demostró que las radiaciones desconocidas estaban constituídas por

corpúsculos neutros, ***sin carga eléctrica,*** con una masa casi igual a la del protón. Estas partículas neutras o *neutrones,* como se las llamó, habían sido previstas en cierto modo por Lord Rutherford en el año 1925.

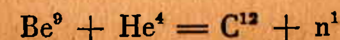
La ausencia de carga explica el gran poder penetrante, que puede alcanzar hasta *30 centímetros de plomo.* En efecto, se ha visto ya que la materia, aun la más com-



pacta, está fundamentalmente constituída de vacío. De modo que pretender detener un neutrón con un átomo es peor que querer sacar agua con horquillas: es algo así como pretender detener cometas con el sistema solar.

Lo que hace impenetrable la materia a las partículas cargadas (electrones, protones, partículas alfa, deutones) es la fuerza de repulsión eléctrica, que a cortas distancias puede alcanzar valores fantásticos.

La reacción nuclear de la producción de neutrones en el caso del berilio se puede simbolizar, llamando n al neutrón, en la siguiente forma:



$$Be^9 + He^4 = C^{12} + n^1$$

UNA NUEVA CLASE DE ELECTRONES

Hasta ahora hemos visto que las explosiones nucleares lanzan al espacio partículas alfa, protones, neutrones y electrones; todos los cuales son probables elementos constitutivos del núcleo, de una u otra manera.

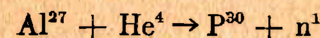
En el año 1933, un joven físico del Instituto Tecnológico de California, Carl Anderson, ganó el premio Nobel con un nuevo descubrimiento: el electrón positivo o *positrón.* Este experimentador se hallaba trabajando en la investigación de los rayos cósmicos mediante la cámara de Wilson colocada en un campo magnético; sabemos que un electrón, bajo la acción de un campo magnético, describe una trayectoria circular. Carl Anderson observó, en algunas de sus placas, que de un punto salía la trayectoria típica de un electrón, pero con curvatura opuesta a la que debería tener un electrón común (es decir, negativo). Tenía que haber sido producida, necesariamente, por un electrón del mismo tamaño pero de carga contraria, es decir, por un electrón positivo.

LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

En 1934, los esposos Joliot llevaron a cabo otro descubrimiento de trascendencia, que ha iniciado la era de la "radioactividad artificial". Bombardeando aluminio con partículas alfa durante un cierto tiempo, verificaron que, después del bombardeo, el bloque de aluminio presentaba fenómenos análogos al de una sustancia radioactiva. El

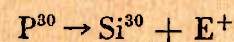
estudio experimental mostró que había emisión de rayos beta, pero rayos beta positivos: es decir, electrones positivos lanzados a gran velocidad. Vieron, también, que la emisión de positrones se hacía de acuerdo con la ley que Rutherford había descubierto para la radioactividad natural.

Sin duda alguna, se estaba delante de una sustancia radioactiva, pero de una sustancia radioactiva fabricada en el laboratorio. ¿Sería el mismo aluminio o algún otro cuerpo? El estudio químico reveló que sobre el aluminio se había formado fósforo y que este fósforo era en realidad el causante de la radiación. La reacción nuclear sería:



$$Al^{27} + He^{4} \rightarrow P^{30} + n^{1}$$

Pero este fósforo es inestable y explota después de cierto tiempo, lanzando al espacio un electrón positivo:



$$P^{30} \rightarrow Si^{30} + E^{+}$$

Se comprobó que el causante de la radiación era el fósforo y no el aluminio, de la siguiente manera: la fina hoja de aluminio fué disuelta en ácido clorhídrico y se verificó que toda la actividad era producida por el hidrógeno fosforado que se desprendió, mientras que el cloruro de aluminio restante era completamente inactivo.

LAS HISTÓRICAS EXPERIENCIAS DE FERMI

El año 1934 es histórico, pues, en esa fecha, el sabio italiano Enrico Fermi y sus jóvenes colaboradores del Instituto de Física de Roma iniciaron el bombardeo de

uranio con neutrones, que habría de culminar en la invención de la bomba atómica.

Las experiencias de Fermi revelaban, al parecer, que el uranio bombardeado era transformado en un nuevo elemento radioactivo, *pero de número 93.* La naturaleza había mostrado hasta ese momento que no había más de 92 clases de elementos químicos diferentes; pero ahora parecía que el hombre era capaz de fabricar elementos químicos "transuránicos", es decir, elementos de número atómico superior al 92.

¿Cómo era el proceso que daba origen a este elemento 93? El neutrón de bombardeo era captado por el núcleo del uranio; si no sucediera nada más, el resultado sería un átomo de más peso, pero de igual carga eléctrica, puesto que el neutrón no agrega eléctricamente nada; sería, pues, un isótopo del uranio. Pero la experiencia revelaba que el proceso no terminaba ahí sino que el núcleo, después de captar el neutrón, emitía a veces un electrón. De este modo, la carga positiva del núcleo aumentaba en una unidad y pasaba de 92 a 93.

Los resultados de Fermi fueron analizados y extendidos por otros investigadores. Pero lo sorprendente fué que en cada nueva investigación parecían encontrarse diferentes elementos radioactivos y parecía difícil armonizar en un esquema coherente todos los resultados. Ya veremos qué consecuencias revolucionarias tuvo esta serie de investigaciones a comienzos del año 1939.



Oppenheimer.



Fermi.



Bohr.



Compton.

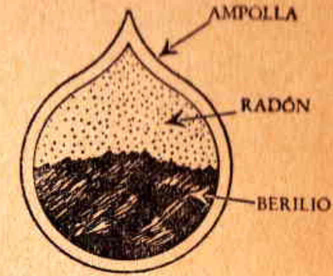

Dr. Vannevar Bush


Dr. James Bryant Conant

Los doctores Vannevar Bush y James B. Conant, dos de los principales investigadores que han intervenido en la creación de la bomba atómica. El Dr. Bush es director del departamento de investigaciones científicas del gobierno norteamericano.

LOS NEUTRONES LENTOS

En unos trabajos del año 1935, Fermi y sus ayudantes descubrieron por casualidad un curioso fenómeno. Estos físicos se habían dedicado al bombardeo sistemático con neutrones. La fuente de neutrones estaba constituída de la siguiente manera: en una pequeña ampolla de vidrio se colocaba radón y polvo de berilio; el radón producía partículas alfa, éstas chocaban con los núcleos de berilio y éstos, a su vez, lanzaban neutrones al espacio.



Con estos neutrones, los físicos italianos bombardeaban trozos de plata y otros metales. Se encontró que estos elementos se volvían radioactivos. Pero, por simple casualidad, se advirtió que la activación de los metales se hacía más fuerte cuando los neutrones pasaban previamente por algún material que tuviera hidrógeno (agua, parafina, etc.). Este notable fenómeno fué denominado "efecto Fermi".

Fermi mismo buscó una explicación a este fenómeno y llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los cuerpos que tienen hidrógeno *frenan* los neutrones. De este modo, neutrones que salen del berilio a una velocidad de 100 millones de kilómetros por hora (lo que equivale a la velocidad de un electrón lanzado por un campo electrostático de unos 5 millones de volts), son frenados hasta velocidades pequeñas, comparables a

las velocidades que tienen las moléculas de aire en agitación térmica. Por eso, estos neutrones lentos fueron también llamados "neutrones térmicos".

2. Los neutrones lentos son captados con mayor facilidad por muchos núcleos, como el de la plata.

Este efecto era verdaderamente paradojal. Hasta ese momento, los físicos habían tratado de producir partículas lo más veloces posibles, para forzar el núcleo. Ahora, se trataba de frenar neutrones demasiado rápidos.

Los neutrones lentos tuvieron un papel decisivo en la bomba atómica.

LA PARTICIÓN DEL URANIO

En enero de 1939, los físicos alemanes Hahn y Strassmann realizaron experiencias muy cuidadosas con el fin de verificar las investigaciones de Fermi sobre los elementos transuránicos. Irradiaron uranio con neutrones y hallaron que, en efecto, el uranio se convertía o daba origen a un elemento radioactivo que lanzaba electrones al espacio. Con cuidadosos métodos de separación química llegaron a la conclusión de que la sustancia radioactiva formada debía ser o radio o bario. Después de nuevas experiencias de carácter químico, se encontraron con que, sin lugar a dudas, la sustancia en cuestión era el *bario.*

Esto parece banal, pero no lo es tanto en cuanto se reflexione que el bario tiene el número atómico 56. Es decir, el neutrón incidente en el uranio parecía provocar una extraña catástrofe en el uranio; los mismos físicos emitieron la hipótesis que, bajo el impacto del neutrón, *el núcleo de uranio se partía en dos grandes pedazos,* siendo el bario resultante uno de los fragmentos de la explosión Esto explicaba el sorprendente hecho que del número 92 del uranio se cayera bruscamente al 56 del bario.

Estos resultados y esta hipótesis produjeron una conmoción en los laboratorios europeos y norteamericanos, porque abrían inesperadas perspectivas a la física nuclear. Se originó una rápida avalancha de experiencias en todas partes del mundo y pronto se hubo de ver que la hipótesis de la partición era correcta. Se probó que el torio y el protoactinio también se partían bajo la radiación neutrónica y se vió también que *la energía que se desprendía en estos procesos era enorme.* Finalmente, se probó que la velocidad de los neutrones influía mucho en el número de particiones provocadas en el uranio; la partición era producida por neutrones rápidos o por neutrones lentos, pero no por neutrones de velocidad intermedia.

LOS ISÓTOPOS DEL URANIO

El uranio es el nombre común que se da en realidad a tres variedades de átomos. Todos ellos tienen las mismas propiedades químicas y por eso acupan el mismo lugar en la tabla de los elementos, el lugar 92. Por eso se los llama isótopos.

Las tres varidades del uranio son, por peso decreciente: el U-238, el U-235 y el U-234.

De acuerdo con lo que hemos dicho en otro capítulo, todos tienen 92 protones en el núcleo y sólo difieren en

el número de neutrones, el primero tiene 146 neutrones, el segundo 143 y el último tiene 142.

El más abundante es el 238 y el más raro es el 234; este último es tan raro que no tiene ninguna importancia en los procesos explosivos que dieron lugar a la bomba atómica.

¿Cuál es el papel desempeñado por cada uno de estos isótopos frente al bombardeo con neutrones? El físico danés Niels Bohr fué el primero en sugerir que quizá los neutrones térmicos o lentos eran los causantes de la partición del 235, mientras que el 238 atraparía el neutrón incidente, dando lugar a la formación de un nuevo isótopo, el 239. Supuso, además, que la partición del 238 sólo ocurre cuando la energía del neutrón incidente es superior a los 25 volts.

En resumen, frente a la irradiación con neutrones, pueden producirse los siguientes fenómenos:

1. Los neutrones lentos parten el 235.
2. Los neutrones rápidos parten el 238.
3. Los neutrones de 25 voltios son atrapados por el 238, produciendo el uranio 239. Este isótopo es inestable y emite pronto un electrón, dando lugar a un elemento transuránico, de número 93.

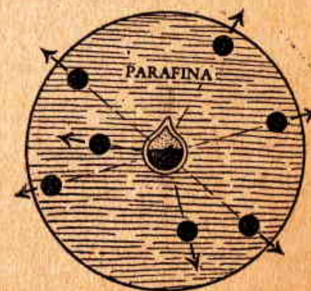
Los elementos transuránicos, de cuya existencia se había dudado, han sido confirmados por experiencias posteriores. Ahora, la información periodística nos hace saber que en los Estados Unidos se han observado el 93 y 94, elementos que han sido llamados *neptunio* y *plutonio,* respectivamente.

CÓMO FUNCIONARÍA LA BOMBA

La información periodística ha exagerado el "secreto" de la bomba atómica. Es necesario decir que no hay tal secreto, sino en lo que respecta a pequeños detalles constructivos; cualquier físico, de cualquier país del mundo, sabe cómo es esencialmente el mecanismo que provoca la explosión: es la partición del núcleo de uranio 235 por el choque con un neutrón, tal como en las primitivas experiencias de Fermi, Hahn y Strassmann.

Mas en detalle, el proceso de la explosión se debe realizar en la siguiente forma:

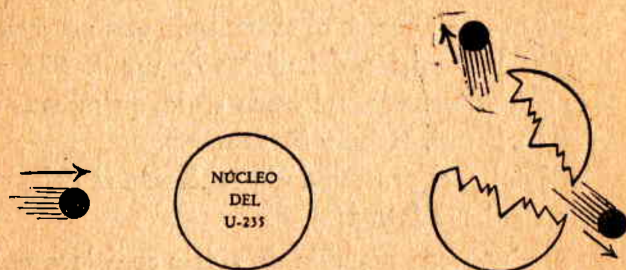
1. En una pequeña ampolla de vidrio se coloca polvo de *berilio* y *emanación de radio;* la emanación de radio o *radón* se desintegra espontáneamente, lanzando al espacio proyectiles *alfa* a 50 millones de kilómetros por hora.



2. Los proyectiles alfa chocan contra los núcleos de berilio y logran vencer las barreras defensivas gracias a la velocidad que traen; la partícula alfa queda en el interior, pero en cambio es expulsado un *neutrón.* Estos neutrones producidos por el berilio serán la base de la explosión del uranio.

3. La ampollita está rodeada con una gruesa capa de parafina de unos 5 centímetros de espesor; al atravesar la parafina, los neutrones pierden su velocidad y se convierten, paradojalmente, en temibles destructores de átomos.

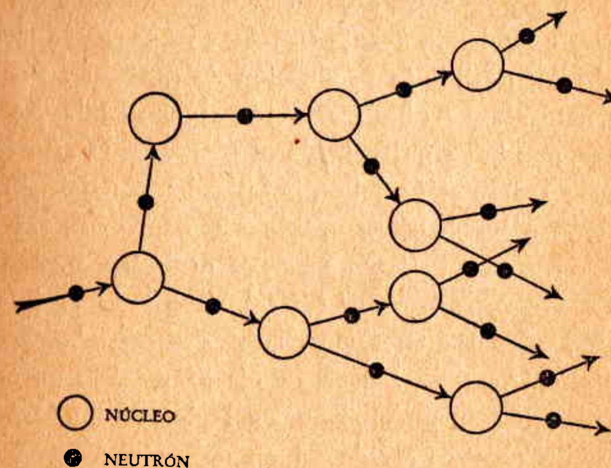
4. La bola de parafina está rodeada, a su vez, por uranio 235; de manera que los neutrones lentos que salen de la parafina chocan con los núcleos de uranio y producen la partición de estos núcleos, en dos grandes pedazos, acompañándose la escisión con una formidable emisión de energía. Pero aquí no para el proceso.



5. La partición de un núcleo de uranio 235 produce a su vez dos o más neutrones y estos neutrones se lanzan contra otros átomos de uranio, los parten y se producen más neutrones, etcétera. En pocas palabras: un solo neutrón lanzado por el berilio (que tiene el papel de "percutor") desencadena una especie de avalancha incontenible y cada vez más poderosa; es lo que los físicos llaman una "desintegración en cadena". Como en cada una de las particiones se libera energía subatómica, la energía total crece en forma explosiva en tiempos infinitesimales y toda la masa de uranio estalla como un explosivo jamás visto.

El proceso que dejamos señalado es el que verosímilmente ocurre en la bomba fabricada por los físicos norteamericanos e ingleses; desde luego, es posible que algunos detalles no sean exactamente como los que se

acaban de mencionar, pero es muy difícil que en líneas generales este proceso no coincida con el real. La parafina puede ser reemplazada por otra sustancia rica en hidrógeno, como el agua; el isótopo 235 del uranio puede estar acompañado de algún otro, como el 238, etc.



La reacción en cadena del U-235.

La simplicidad básica de este proceso es lo que hizo temer a los estadistas aliados, asesorados por sus físicos, de que los alemanes pudieran haber llegado a fabricar esta espantosa arma. Muy probablemente, los alemanes estuvieron a punto de crear la bomba; pero los sistemáticos bombardeos aliados deben haber impedido su culminación; hay que tener presente la organización necesaria para producir cantidades de uranio 235 en cantidades apreciables; se necesitan toneladas de uranio común, complicadísimos y lentos procesos de separación, para lograr el 235 con cierta pureza, instalaciones cos-

see, algunos ingenieros, físicos y químicos iniciaron las misteriosas tareas, dirigiendo la instalación de fábricas en 24.000 hectáreas. En 425 fábricas diferentes se realizaba el complicado proceso de la separación de los isótopos, sin que los habitantes del lugar ni los propios obreros entendieran de qué se trataba. El proyecto de Oakridge costó más de mil millones de dólares y la gente, asombrada, se preguntaba para qué se invertía tanto dinero, puesto que no se veía salir nada de allí; solamente se veían entrar enormes cargamentos de mineral a través de 480 kilómetros de caminos construídos especialmente y 88 kilómetros de vías férreas.

Después de tres años de trabajos, de dudas, de desalientos y entusiasmos, la bomba atómica estaba lista para ser probada.

EL PLUTONIO

El proceso del U 235 que acabamos de reseñar puede constituir la base esencial de la bomba; pero, por lo que se sabe telegráficamente, es probable que el Pu 239 o Plutonio también desempeñe un papel importante.

Hemos dicho ya que el U 238 capta los neutrones lentos, sin partirse en dos trozos; el neutrón captado hace aumentar el peso atómico hasta 239; este isótopo del uranio se transforma en el Neptunio; el Neptunio es también inestable y se transforma a su vez en el Plutonio, que es bastante estable.

Pero el *Plutonio, exactamente como el U 235, tiene la propiedad de partirse ante el choque de un neutrón, con gran desarrollo de energía.* Es, por lo tanto, otro elemento apto para fabricar la bomba. Pero con dos grandes ventajas:

1. Proviene del U 238, que es muy abundante en la naturaleza.

2. Es fácilmente separable del uranio. Recordemos que el U 235 es muy raro y que es necesario separar apreciables cantidades del uranio común para que el proceso explosivo tenga algún valor. Pero resulta que los diferentes uranios son isótopos, tienen las mismas propiedades químicas y, por lo tanto, no se los puede separar mediante procedimientos químicos; se debe recurrir a costosos y lentísimos procesos físicos. Por el contrario, el plutonio tiene propiedades químicas muy diferentes del uranio y puede ser separado con facilidad por ordinarios procedimientos químicos.

La fabricación de plutonio se hace ya en gran escala y el procedimiento es, verosímilmente, el que sigue:

1. Con berilio, radón y parafina se producen neutrones lentos "primarios".

2. Esos neutrones lentos entran en una masa de uranio.

3. Algunos de los neutrones son captados por el U 235, que se rompe y lanza más neutrones. Estos neutrones pueden ser aprovechados, a su vez, si se los frena; para frenarlos, el uranio está mezclado con agua pesada o con grafito.

4. Los neutrones lentos que chocan con el U 238 producen el neptunio y luego el plutonio.

5. El plutonio es separado luego por procedimientos químicos.

Es probable que la bomba atómica esté constituída por una mezcla de U 235, plutonio y U 238. La proporción no se conoce hasta el momento, aunque no creemos que sea esencial.

Capítulo VII

EL GRAN EXPERIMENTO

LOS PREPARATIVOS

El Departamento de Guerra de los Estados Unidos ha hecho interesantes revelaciones sobre los antecedentes inmediatos de tan colosal experimento. A fines del año 1939, el Presidente Roosevelt fué puesto al corriente del estado a que habían llegado los estudios para aplicar a fines militares la energía atómica, lo que dió por resultado el nombramiento de una comisión para que estudiara el problema aceleradamente.

Se precisaron tres años de intensos trabajos hasta reunir los elementos de juicio indispensables para la realización de un vasto plan de actividades de orden práctico. Según el secretario de guerra, Henri Stimson, esta decisión fué una jugada, por lo prematura, pero como sucede en la guerra, se corrió el riesgo y se acertó. Significaba la erección, a ritmo vertiginoso, de un imperio industrial formado con ciudades nuevas que han dado trabajo a 125.000 personas. Se pidió la colaboración de profesores eminentes de las universidades de Chica-

go, California y Columbia, del Iowa State College y la cooperación de determinados laboratorios industriales. Los nuevos establecimientos debían trabajar en estrecha dependencia de los talleres de Clinton en Tennesse y de los de Hanford en el estado de Wáshington. Para instalar el personal fueron levantadas las ciudades de Oak Ridge en Tennessee, y de Richland en Wáshington. En una zona aislada, próxima a Santa Fe, (Nueva México) debía funcionar un laboratorio especial unificador, bajo la dirección del Dr. J. Robert Oppenheimer, a cuyo talento se ha debido en gran parte la creación de la bomba.

En agosto de 1943 se resolvió constituir una comisión mixta con representantes de los Estados Unidos, de Gran Bretaña y del Canadá. Sir James Chadwick, hombre de ciencia británico, fué el consejero de los miembros británicos y C. J. Mackenzie de los canadienses. Uno de los grandes especialistas en la materia, el doctor danés Niels Bohr, ganador del premio Nóbel, alejado del alcance de los nazis en su patria ocupada, se convirtió en uno de los más expertos colaboradores. Asimismo fueron utilizados los servicios de dos hombres de ciencia judíos que debieron huir de Alemania, el profesor de matemáticas aplicadas Rudolf Peierls y el especialista en termodinámica doctor Eugen Simon.

Posteriormente, el Secretario de Guerra de los Estados Unidos designó una comisión especial para aplicar a las ciencias de la paz, las enseñanzas de tan magna empresa, presidida por el actual secretario de Estado, F. Byrnes.

Los esfuerzos, perfectamente coordinados, por aquel enjambre de trabajadores, culminaron en la prueba reali-

zada el día 16 de julio de este año. Nada más interesante que transcribir el texto de la información suministrada el día 6 de agosto por el Departamento de Guerra de los Estados Unidos sobre el primer ensayo de la bomba atómica. Dice así:

La transición realizada con éxito halagüeño hacia una era nueva, la era atómica, se efectuó el 16 de julio de 1945, ante las miradas de un grupo de renombrados hombres de ciencia y militares, que, dominados por gran tensión nerviosa, se habían reunido en una comarca desierta de Nuevo México para presenciar los primeros resultados del esfuerzo que realizaron y que significó la inversión de 2.000.000.000 de dólares. Allá, en una remota zona de la base aérea de Álamo Gordo, que se encuentra a 192 kilómetros al sudoeste de Albuquerque, se efectuó la primera explosión atómica provocada por el hombre, la hazaña más prominente de la ciencia nuclear, lograda aquel día a las 5.30 de la mañana. Un cielo encapotado, que vertía torrentes de lluvia y al que iluminaban frecuentes relámpagos y rayos hasta que llegó la hora cero, daba mayor significación al drama que estaba por representarse.

Colocada en una torre de acero se hallaba una arma revolucionaria destinada a transformar la guerra que hemos conocido, o que tal vez constituya el factor material para terminar con todas las guerras de grandes proporciones. Y en el momento oportuno se alcanzó la meta con un impacto que señaló la entrada del hombre en un mundo físico nuevo.

El éxito resultó más halagüeño que los cálculos más optimistas. Una pequeña cantidad de materia, producto

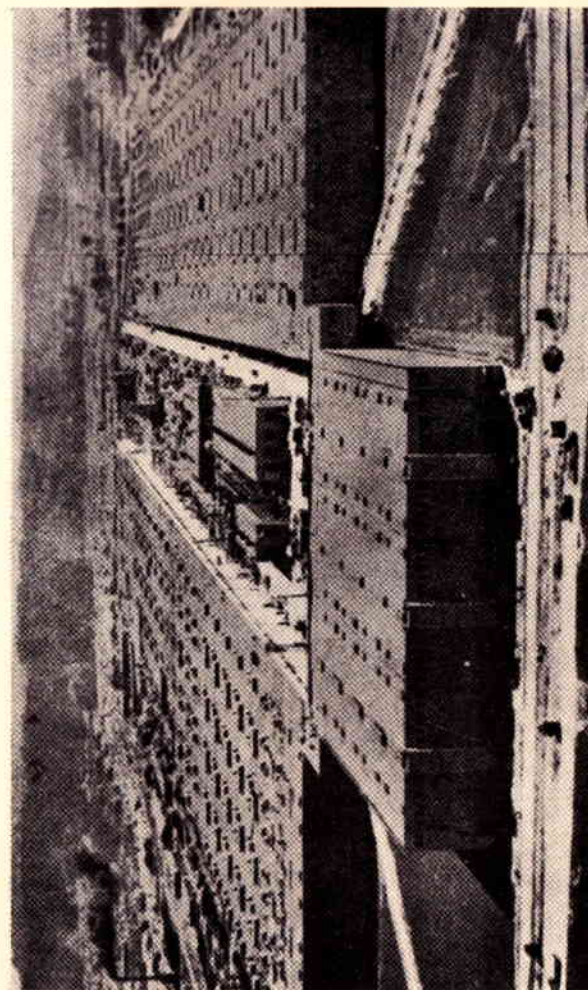
de una cadena de establecimientos industriales especialmente construídos, puso en libertad la energía del universo que está encerrada en el átomo desde el principio de todos los tiempos. ¡Se había ejecutado una proeza fabulosa! La teoría especulativa, que apenas fué esbozada en los laboratorios de la preguerra, habíase cristalizado hasta convertirse en algo real y práctico.

MOMENTOS DE INMENSA EXPECTACIÓN

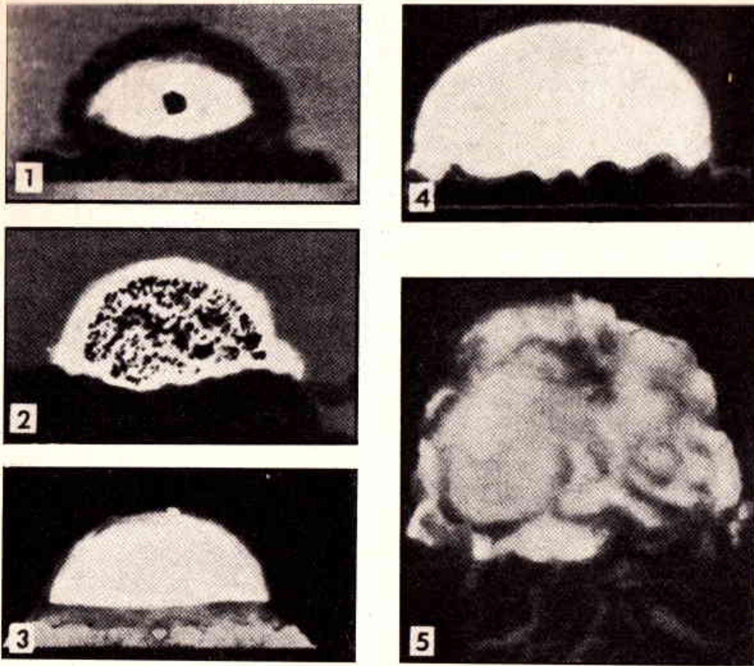
Esta fase del proyecto encabezado por el mayor general Leslie R. Groves para crear la bomba atómica, se hallaba bajo la dirección técnica del Dr. J. R. Oppenheimer, profesor de física teórica de la Universidad de California. A él hay que atribuirle cuanto se ha alcanzado en el sentido de utilizar la energía atómica para fines militares.

La tensión nerviosa adquirió proporciones colosales momentos antes de que se produjera la detonación real. El fracaso existía en todo momento como una posibilidad. Y un éxito demasiado grande, como el que anhelaban y adivinaban algunos de los presentes, podía haber significado el nacimiento de una arma que quedara fuera de todo control y por ende que no pudiera ser utilizada.

El ajuste final de la bomba atómica se inició en horas de la noche del 12 de julio en una vieja casa de una finca rural. La tensión nerviosa de los estudiosos iba creciendo conforme llegaban grupos de personas procedentes de puntos distantes. El más sereno de todos era el hombre encargado de montar el núcleo vital de la bom-



Primera foto de la planta atómica en Oak Ridge (Tennessee, E. U.).



Cinco fotos tomadas después de estallar la bomba atómica en Nueva Méjico el día en que se puso a prueba. Su resplandor equivalía al de varios soles y el humo ascendió a doce kilómetros sobre el suelo.

ba, o sea el Dr. R. F. Bacher, que en tiempos normales actúa como profesor en la Universidad de Cornell.

El costo total del proyecto, que representaba la construcción de ciudades enteras y fábricas completamente nuevas diseminadas en muchos kilómetros cuadrados de comarcas rurales, amén de experimentos hasta entonces jamás intentados, se hallaba sintetizado en la bomba piloto y sus partes integrantes. Allí estaba el punto focal de la aventura. ¡Ningún otro país del orbe había sido capaz de semejante despliegue de talento y esfuerzo técnico!

El significado pleno de aquellos últimos momentos antes de la prueba final no pasaba inadvertido para tantos hombres de ciencia. Bien sabían cuál era su posición como precursores de una nueva era. Estaban igualmente enterados de que un movimiento equivocado, un paso en falso, los enviaría a ellos y a la totalidad de sus esfuerzos al reino de la eternidad.

DE LOS HOMBRES DE CIENCIA A LOS DEL EJÉRCITO

Antes de iniciarse la unión de las diversas partes de la bomba, el general de brigada Thomas F. Farrell firmó un recibo por el material vital, en su carácter de representante del general Groves. Con aquel acto se hizo la transferencia formal del material insustituíble de manos de los hombres de ciencia al ejército, que, por lo demás, fué el primero en producirlo en una de sus grandes fábricas.

Durante la etapa final del montaje preliminar se vi-

vieron minutos de intensa ansiedad cuando la preparación de una parte importante de la bomba tuvo que sufrir demoras. El conjunto había sido hecho a máquina, de tal manera que las mediciones fueran lo más exactas que hoy se pueda lograr. Ahora bien; la inserción se hallaba realizada a medias, cuando aparentemente uno de los ajustes era demasiado grande y no era posible avanzar en la tarea. En esas circunstancias el Dr. Bacher no se desalentó, y afirmó ante el grupo de los presentes que el problema hallaría solución si se le concedía el tiempo necesario. Al cabo de tres minutos los hechos ratificaron el aserto del Dr. Bacher, y los trabajos pudieron ser terminados sin nuevos contratiempos.

Equipos de especialistas formados por las figuras más prominentes de secciones específicas de las ciencias y todo los cuales contribuían a constituir el conjunto, participaron en su correspondiente rama para el montaje.

El sábado 14 de julio se elevó a la parte superior de la torre de acero el elemento llamado a acarrear el fracaso o el triunfo de la totalidad del proyecto. Durante todo aquel día y el siguiente continuaron las tareas preparatorias. Además del aparato necesario para la detonación, se colocaron en la torre instrumentos completos para determinar todas las reacciones de la bomba.

EL PUNTO DE OBSERVACIÓN MÁS CERCANO

El tiempo pésimo, que parecía empeñado en dificultar el montaje de la bomba, contribuyó paradójicamente a serenar a los peritos, cuya labor se realizó entre relámpagos, rayos y truenos. El estado de inestabilidad meteorológica, una tormenta inusitada y desconcertante, hizo imposible la observación de la prueba desde el aire; más aun, retardó la explosión, que había sido fijada para las cuatro de la mañana y que debió postergarse para hora y media después. Hacía ya varios meses que se conocía el momento preciso, pero el secreto fué guardado con tan extraordinario rigor que constituyó uno de los mejor respetados de toda la guerra.

El punto de observación más próximo fué elegido a una distancia de 9140 metros hacia el sur de la torre. Allí se colocaron los aparatos de control en un edificio de madera y tierra. En un punto situado a 15.539 metros de la torre y en un sitio desde donde se podía observar en condiciones inmejorables, se reunieron las figuras principales del proyecto de la bomba atómica. Entre los presentes figuraban, el general Groves, el Dr. Vannevar Bush, jefe de la oficina de investigación y fomento científicos, y el Dr. James B. Conant, rector de la Universidad de Harvard. La detonación estuvo a cargo del Dr. K. T. Bainbridge, del Instituto de Tecnología de Massachusetts. Él y el teniente Bush (jefe del destacamento de la policía militar) fueron las últimas personas que realizaron la inspección de la torre cuando ya había sido colocada la bomba atómica.

A las tres de la mañana el grupo avanzó hacia el punto de control. El general Groves y el doctor Oppenheimer interrogaron a los encargados de reunir datos meteorológicos. Entonces se decidió seguir adelante con el ensayo, a despecho de la falta de seguridad con res-

pecto a la estabilidad en las condiciones del tiempo. Se fijó la hora del experimento para las 5.30 de la mañana.

SE APROXIMA EL INSTANTE DECISIVO

El general Groves volvió a conversar con los Dres. Conant y Bush, y poco tiempo antes del momento decisivo se reunieron con los muchos estudiosos que esperaban en el campamento de la base aérea. Allí se ordenó a todos los presentes que echaran cuerpo a tierra, boca abajo y con la cabeza dirigida hacia el punto opuesto al lugar de la explosión.

La tensión nerviosa alcanzaba proporciones torturantes en la cabina de control, conforme iba aproximándose el instante esperado. Los diversos puntos de observación distribuídos en la zona se mantenían en constante contacto con la cabina de control, mediante las radiocomunicaciones, y como faltaban veinte minutos para la explozión, el Dr. S. K. Allison, de la Universidad de Chicago, se encargó de hacer transmisiones periódicas. Las señales cronométricas —faltan veinte minutos... faltan quince minutos... etc.— iban aumentando la nerviosidad general hasta amenazar con la locura, cuando el grupo que se hallaba en la cabina de control, y en el que figuraban el Dr. Oppenheimer y el general Farrell, contuvo el aliento mientras todos oraban con la intensidad de aquel instante que habrá de mantenerse vívido en la memoria de cuantos estuvieron presentes. Al anunciarse "faltan 45 segundos", un mecanismo automático se apoderó del control y a partir de entonces la grande y

complicada red de aparatos comenzó a funcionar sin posible acción humana alguna. Sin embargo, de plantón ante un conmutador de reserva, permanecía como un soldado un hombre de ciencia dispuesto a intentar contener la explosión si se impartieran órdenes en ese sentido. Dicha orden no llegó.

UN FOGONAZO ENCEGUECEDOR

En el momento prefijado se produjo un fogonazo enceguecedor que iluminó la totalidad de la zona con mayor brillo que la más intensa luz solar de mediodía. Una cadena de colinas que se extendía a cinco kilómetros del puesto de observación apareció en pleno relieve. Después siguió un estruendo espantoso y prolongado y se formó una presión tan formidable que derribó a dos hombres que se encontraban más allá del centro de control. Inmediatamente después surgió una nube multicolor que ascendió bullente hasta una altura de más de 12.000 metros. Todas las nubes naturales que se hallaban en su camino desaparecieron instantáneamente. Poco tiempo después los vientos subestratosféricos fueron dispersando la masa ingente que a la sazón tenía tinte gris.

¡Había terminado la prueba y el proyecto era un triunfo! La torre de acero se vaporizó materialmente. En el lugar donde se erguía dicha torre aparecía ahora un enorme cráter de bordes ligeramente inclinados. Aturdidos, pero con honda sensación de alivio por el buen éxito de sus esfuerzos, los estudiosos avanzaron prontamente para comprobar la potencialidad de la nueva arma

con que contaba la América del Norte. Para examinar la naturaleza del cráter se llevaron a la región tanques especialmente equipados, en uno de los cuales iba el Dr. Enrico Fermi, famoso hombre de ciencia analista de las cuestiones de la energía nuclear. La respuesta que la naturaleza daba a las investigaciones adquirió la forma de la destrucción que sufrió el Japón el día que por primera vez se empleó la bomba atómica con fines militares.

De no haber sido una comarca desolada el lugar donde se efectuó el primer ensayo y por la coperación de la prensa en dicha región, es seguro que la tentativa experimental habría motivado una atención de vastísimas proporciones. Ahora hay mucha gente que reside en la región y que discute el efecto de la explosión. Un detalle significativo, dado a conocer por los cronistas, fué el caso de una muchacha ciega residente en Albuquerque, a muchos kilómetros del lugar, que exclamó: "¿Qué fué eso?", cuando el fogonazo iluminó el cielo, antes que pudiera oírse el formidable retumbo.

HABLA EL GENERAL GROVES

Los generales Groves y Farrell, a quienes los periodistas entrevistaron a raíz del experimento, dan las siguientes versiones de cuanto pudieron presenciar. El general Groves manifestó:

"Mis impresiones sobre los puntos culminantes de aquella noche son las siguientes: después de alrededor de una hora de sueño, me levanté a la 1 y, a partir de

entonces, hasta cerca de las 5, estuve constantemente con el Dr. Oppenheimer. Claro está que él se hallaba sometido a notable tensión nerviosa, pese a lo cual su cerebro trabajaba con su eficiencia extraordinaria habitual. Me esforcé por apartarlo de la evidente preocupación de muchos de sus ayudantes que estaban desazonados por la inestabilidad de las condiciones meteorológicas. A eso de las 4 llegamos a la conclusión de que probablemente pudiéramos hacer estallar la bomba a las 5.30. La lluvia cesó antes de las 4, pero el cielo seguía muy encapotado. Nuestra decisión se volvió más firme conforme avanzaba el tiempo.

"Durante la mayor parte de esas horas ambos hicimos repetidas veces el recorrido entre la cabina de control y el espacio abierto; queríamos observar las estrellas y convencernos mutuamente que uno o dos de los luceros visibles iban adquiriendo mayor brillo. A las 5.10 me separé del Dr. Oppenheimer y volví al sitio principal de observación, situado a 15.538 metros del punto en donde se debía efectuar la explosión. En cumplimiento de nuestras órdenes, todo el personal que no tenía funciones específicas que desempeñar se hallaba agrupado en una reducida zona de terreno elevado.

DOS ESTALLIDOS SUPLEMENTARIOS

"Dos minutos antes del instante fijado para la explosión todas las personas se arrojaron al suelo, boca abajo y con los pies dirigidos hacia el sitio del experimento. El silencio se tornó absoluto cuando el resto del tiempo

que faltaba iba siendo anunciado por los altavoces en transmisiones hechas desde la oficina de control, instalada a más de 9.000 metros. El Dr. Conant dijo en cierto momento: "Jamás pensé que los segundos pudieran transcurrir con semejante lentitud". En cumplimiento de las órdenes impartidas, la mayoría de las personas protegieron sus ojos en una forma u otra.

"Lo primero que se produjo fué un fogonazo de brillo tan intenso que con nada podría ser comparado. Todos nos volvimos para mirar con anteojos ahumados aquella bola de fuego. Aproximadamente cuarenta segundos después llegó la ola de choque seguida por el sonido; ni la una ni el otro nos parecieron sorprendentes después del inmenso asombro producido por la extraordinaria intensidad de la luz.

"Se formó una nube inmensa que se elevó trazando volutas con fuerza formidable para alcanzar a la subestratosfera en alrededor de cinco minutos.

"Poco después de la explosión principal se registraron dos suplementarias de menor efecto y que sólo fueron reconocidas por la iluminación que provocaron en la nube. Ésta ascendió hasta gran altura, primero bajo la forma de una bola, luego extendiéndose como un hongo, transformándose después en una columna con el aspecto de una chimenea ingente, y, finalmente, se dispersó en varias direcciones impelida por la acción de los vientos variables que rigen a diferentes alturas.

"El Dr. Conant extendió la diestra y ambos nos dimos un apretón de manos a modo de felicitación mutua. El doctor Bush, que se hallaba del otro lado, se apresuró a imitar a su colega. La sensación que embargaba a

todos los presentes, inclusive a los no iniciados, era de profundo espanto. Los doctores Conant y Bush, al igual que yo, estaban poseídos por una sensación más fuerte que la mera fe de quienes fueron responsables por la iniciación y ejecución de aquel proyecto digno de Hércules al ver que las esperanzas eran justificadas."

IMPRESIONES DEL GENERAL FARRELL

Las impresiones del general Farrell fueron las siguientes:

"La escena que se desarrolló en el interior del refugio fué tan dramática que no hay palabras que puedan describirla. En la cabina y en torno a ella se hallaban alrededor de veinte personas que debían participar en las disposiciones de último momento. Allí estaban el Dr. Oppenheimer, el director que soportó sobre sus espaldas la carga científica de crear la nueva arma con la materia prima elaborada en Tennessee y en el Estado de Wáshington, como asimismo asistía alrededor de una docena de sus ayudantes principales; el Dr. Kistianowsky, el doctor Bainbridge, que se encargó de vigilar todos los asuntos previos para la prueba; el perito meteorólogo y varias otras personas. Además, había un reducido grupo de soldados, dos o tres oficiales del ejército y un oficial de la armada. La cabina estaba llena de gran variedad de instrumentos y aparatos de radio.

"Durante alrededor de dos horas de febril expectación antes de la explosión, el general Groves permaneció en compañía del director. Veinte minutos antes de la hora

cero el general Groves salió para dirigirse a su puesto de observación en el compamento de la base aérea, ya que allí podía obtener mejor radio visual. Momentos antes de la partida del general Groves comenzamos a escuchar los anuncios hechos mediante altavoces y por los cuales se nos indicaba el tiempo que faltaba para la explosión y se daban instrucciones a los demás grupos que participaban en el ensayo o que tenían la misión de observar. Conforme iba acortándose el intervalo y se pasaba de los minutos a los segundos, la tensión nerviosa crecía en proporciones gigantescas. Todas las personas que estaban reunidas en aquella habitación conocían la espantosa potencialidad del suceso que estaba por desarrollarse. Los estudiosos calculaban que sus hipótesis no podían ser equivocadas y que la bomba debía estallar; pero en todos los cerebros se agitaba la sospecha de un posible fracaso.

LA EMOCIÓN DEL Dr. OPPENHEIMER

"Estábamos aproximándonos a lo desconocido y no sabíamos qué podría resultar de semejante aventura. Si el disparo se veía coronado por el buen éxito, serviría para justificar varios años de esfuerzos intensos de decenas de millares de personas: estadistas, hombres de ciencia, ingeniero, fabricantes, soldados y gente de todas las actividades de la vida.

"En aquel breve instante vivido en un remoto desierto de Nuevo México se cosecharon tan súbita como sorprendentemente los frutos del pasmoso esfuerzo del cerebro y

músculo de todos aquellos ciudadanos. El Dr. Oppenheimer, el hombre que soportaba una carga muy pesada de responsabilidad, se vió fustigado por la tensión nerviosa cuando transcurrieron los últimos segundos. Apenas respiraba. Se asió a un poste para no perder el equilibrio. Durante los últimos segundos miraba fijamente hacia adelante, y cuando el altavoz gritó: "¡Ahora!" y se produjo el formidable fogonazo, seguido poco después por un trueno provocado por la explosión, los músculos de su rostro dejaron de estar contraídos y apareció la expresión de un alivio infinito. Varios de los observadores que permanecían de pie tras la casilla de observación para comprobar los efectos luminosos fueron derribados por la conmoción.

"Cesó la tensión nerviosa en la cabina y los presentes se entregaron a mutuas congratulaciones. No había quien no pensara: "¡El problema está resuelto!" Sucediera lo que sucediera, todos sabían entonces que la tarea científica que pareció imposible se había convertido en realidad. La división o desintegración del átomo ya no permanecería oculta en los claustros de la física teórica ni sería mero sueño de los físicos; ahora nacía plenamente desarrollada. Era una fuerza grande y nueva que había de utilizarse para el bien o para el mal. Prevalecía la sensación de que quienes tuvieron que ver con semejante nacimiento debían dedicar el resto de su existencia a la misión de vigilar para que siempre se la aplicara al bien y jamás al mal.

MOMENTOS DE ENTUSIASMO DELIRANTE

"El Dr. Kistianowsky abrazó al doctor Oppenheimer y lo felicitó lanzando gritos delirantes. Otros no fueron menos entusiastas. Todas las emociones acumuladas se pusieron en libertad en aquellos pocos minutos y diríase que no había quien no se diera cuenta de que la explosión había superado con creces las más optimistas expectativas y las más descabelladas esperanzas de los hombre de ciencia. Todos comprendían que habían presenciado el nacimiento de una era nueva, la era de la energía atómica, y no les pasaba inadvertida su profunda responsabilidad en la tarea de encarrilar hacia los buenos senderos las fuerzas terribles que por primera vez en la historia habían sido desencadenadas.

"En lo que respecta a la guerra actual, predominaba la impresión de que, aparte de cuanto pudiera ocurrir, nosotros teníamos los medios de asegurar su pronta terminación y de ese modo salvar la vida de millares de ciudadanos norteamericanos. En cuanto a las perspectivas para el porvenir, acababa de nacer algo grande y nuevo que demostraría ser más importante que el descubrimiento de la electricidad o cualquier otro de los grandes descubrimientos que han afectado a nuestra existencia.

"El resultado obtenido podía calificarse de incomparable, magnífico, hermoso, estupendo y terrorífico. Jamás había ocurrido un fenómeno provocado por el hombre que tuviera un poder tan formidable. Los efectos de la iluminación no podrían ser descriptos por pluma

alguna. Toda la comarca fué iluminada por una luz ardiente cuya intensidad superó muchas veces a la del más brillante sol de mediodía. Era dorada, purpurina, violeta, gris y azul. Alumbró todas las cimas, grietas y faldas de las montañas próximas y lo hizo con claridad y belleza que no hallan descripción y quedan para sólo ser imaginadas. Fué aquélla la magna belleza con que sueñan los grandes poetas, pero que sólo logran describir malamente y en forma insuficiente. Treinta segundos después de la primera explosión, la fuerza del aire ejerció notable presión sobre personas y cosas; luego siguió un rugido, un trueno prolongado y espantoso. La palabra es instrumento inadecuado para expresar a quienes no se hallaron presentes cuáles fueron los efectos físicos, mentales y psicológicos. Para darse cuenta hubiera sido necesario hallarse en el lugar de tan pasmoso acontecimiento."

CAPÍTULO VIII

FUTURO DE LA ENERGÍA ATÓMICA

EL TRANSPORTE DEL FUTURO

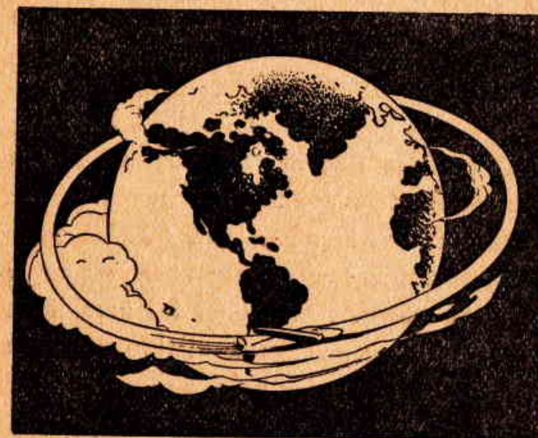
La bomba atómica que se reveló al mundo profano como un arma de terror y de destrucción, puede ser portadora de un verdadero bienestar. La capacidad inagotable de energía que en su seno esconde la materia facilitarán el mundo del futuro. Las ideas de las novelas de Julio Verne o de Wells, dentro de pocos años nos parecerán las cosas más sencillas del mundo y las más pueriles.

Lo que nunca dejará de ser fantástico o maravilloso son las concepciones que pueden caber en el pequeño cerebro del hombre. Y cuando, como en el caso de la bomba atómica, se juntan los esfuerzos comunes, y se sigue un plan organizado, entonces los resultados superan las perspectivas más optimistas.

¿Qué significará ya, una vez lograda la liberación y el correspondiente control de la energía atómica, adaptar los medios de transporte a este nuevo combustible?

Un telegrama de Washington dice lo siguiente:

Washington (U. P.) — Los científicos especializados en aviación, expresaron hoy que el futuro aeroplano, perteneciente a la edad atómica, podrá dar la vuelta al mundo varias veces, sin detenerse, a una velocidad mayor que la del sonido y sin tener que detenerse para el reabastecimiento de combustible. Aunque el Comité Consultivo de Aviación declaró que "pasarán años antes de que se logre una máquina atómica para aviones, se expresa que cuando se logre, los aparatos podrán volar a mayor velocidad que el sonido, o sea a unos 2.000 kilómetros por hora. La Comisión de Investigaciones Secretas del Comité reveló que



Varias vueltas sin etapas...

la máquina atómica generará unos ocho millones más de veces en energía que los actuales aviones de propulsión "a chorro". Se agregó que debido a la escasa cantidad de combustible que precisará la máquina atómica, el avión del futuro tendrá muchas veces mayor capacidad de carga y radio de acción que los mayores aparatos actuales y los proyectados para dentro de muy poco tiempo. La comisión añadió que "no tiene nada de fantástico pensar que se empleará un combustible del volumen de un ladrillo corriente, pero con el necesario poder para

permitir al avión volar alrededor del mundo". "Sin necesidad de grandes depósitos de gasolina —añadieron— el avión podrá recorrer enormes distancias y llevar mayor carga que en la actualidad."

Otro telegrama nos dice:

Investigaciones secretas del comité revelan que las maquinas comunes de propulsión, sobre la base simple de la reacción química, se caracterizan por un alto consumo de combustibles y una impresionante pérdida de energía. Los hombres de ciencia calculan que la máquina atómica generaría una energía 8.000.000 de veces superior a la de los actuales aviones.

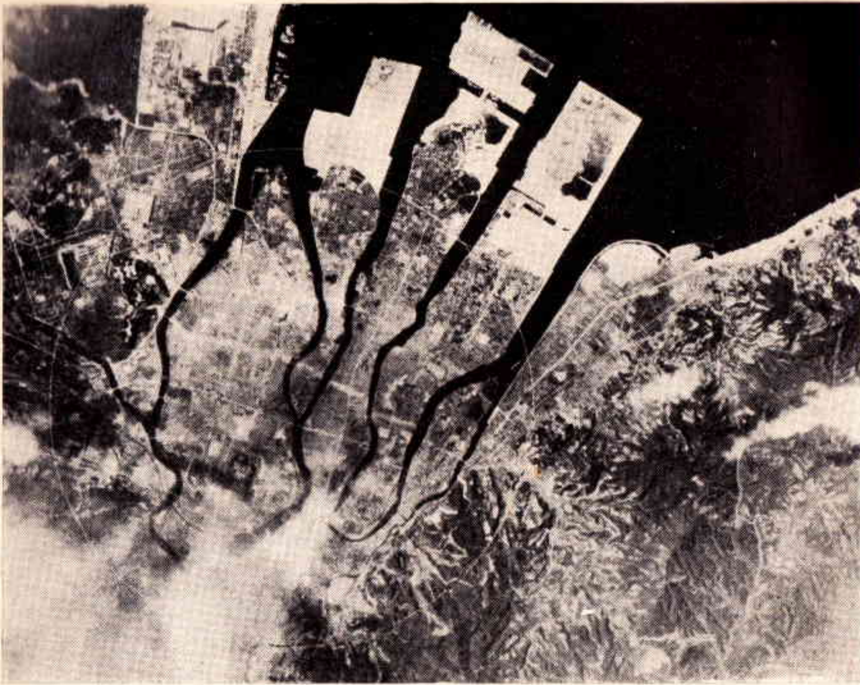
La era atómica será la era de la velocidad desmedida, y en cierto sentido la vida humana se hará más densa, mil veces más poblada de acontecimientos; el intercambio entre los hombres será factible para todos. Pasarán seguramente varios años antes de que puedan adaptarse a las nuevas condiciones los medios de transporte. Pero una cosa es segura, el tipo de avión transcontinental será una realidad del futuro. Pensemos un poco en las fantásticas velocidades de que estará dotado el nuevo avión y comprenderemos qué importante será dotarlo de una forma adecuada.

El aire que rodea la tierra o atmósfera, es una capa que alcanza una altura de 100 a 200 kilómetros, siendo imposible establecer con precisión el límite exacto, debido a que el aire se enrarece más y más con la altura. Este océano de aire que nos envuelve tiene propiedades diferentes a medida que aumenta la altura.

En primer término está la troposfera, que es la capa más inferior, de una altura de unos 12 kilómetros; en



Columna de humo de 20.000 pies de altura sobre Hiroshima, después de ser arrojada la bomba.



Todo lo que quedó de Hiroshima: lo encerrado en el círculo fué borrado del mapa. (60 por ciento de la ciudad).

esta zona ocurren casi todos los cambios metereológicos conocidos y es la zona en que se realizan hoy los viajes aéreos.

En segundo término está la estratosfera, que llega hasta los 50 kilómetros de altura. En la estratosfera el aire es seco y claro y desaparecen casi todos los inconvenientes meteorológicos que hacen tan peligrosa la aviación en la troposfera: no se forma hielo sobre las alas (a pesar de las temperaturas polares que reinan) los vientos son fuertes pero de direcciones bien establecidas, aunque, sobre todo, la resistencia del aire se reduce enormemente a causa del enrarecimiento. Desde luego, la mayor ventaja proviene del enrarecimiento del aire. Cuando movemos un brazo no notamos la resistencia del aire, debido a la pequeña velocidad; lo mismo pasa cuando movemos un brazo en el agua: la resistencia se hace mucho mayor cuando pretendemos moverlo con más rapidez. Ésta es una propiedad general de los flúidos: la resistencia que ofrecen a un cuerpo que se mueve crece con la velocidad, y crece en una proporción muy grande. En un auto que marcha a 100 kilómetros por hora, la resistencia del aire se hace ya bastante considerable; en los aviones comerciales, esa resistencia es ya temible; y es decisiva para los aviones de caza, hasta tal punto que se calcula que no se podrán superar los 1.000 kilómetros por hora si se mantienen los diseños actuales. ¡Piénsese qué ocurriría con dichos diseños si se empleara la energía intraatómica como combustible! En este caso se presentan dos soluciones: o bien cambiar el diseño, haciendo el aparato menos resistente al aire o bien viajar en la estratosfera, donde hay menos

aire y por lo tanto menos resistencia. En verdad, a medida que se han ido aumentando las velocidades ambas alternativas han sido utilizadas. Y seguramente en el futuro los viajes se realizarán sólo en la estratosfera y las líneas aerodinámicas diseñadas por los ingenieros con el fin de disminuir la resistencia del aire serán las que se seguirán utilizando. Un hecho curioso que ha sido revelado por estos estudios es el siguiente: a medida que más se fué perfeccionando la forma de los aviones, más se fué acercando a la forma de los peces. Los peces se mueven en el agua, pero el fenómeno es el mismo porque el agua es un flúido, como el aire; parece ser que los peces son los animales más "hidrodinámicos" que existen. Estamos probablemente muy cerca del límite del perfeccionamiento aerodinámico. con el descubrimiento y el futuro control de la energía atómica, el problema esencial de la velocidad quedará resuelto.

Pero... todo esto en cuanto a los intercambios entre los hombres de los distintos países de la tierra. ¿Se contentará el hombre con permanecer tranquilamente en el mundo y gozar de sus ventajas? ¿Cuántas veces hemos oído hablar de viajes interplanetarios, de los interrogantes que guardan otros mundos posibles, de mil ideas que nos han enardecido cuando chicos y que hoy renacen con nueva fuerza por la idea de la posibilidad de develar esas incógnitas? Antes se hablaba de los aviones cohete, y es probable que el avión cohete sea el avión del futuro, sobre todo en los viajes estratosféricos e interplanetarios. El principio en que se basa este singular aparato consiste en lo siguiente: el mecanismo

propulsor de un avión cohete es muy sencillo y se basa en el célebre principio de acción y reacción, enunciado por Isaac Newton en el siglo XVII. Según este principio, siempre que se aplica una fuerza sobre un cuerpo, el cuerpo reacciona con una fuerza igual y contraria; cuando se dispara un fusil, la bala sale hacia delante, pero al mismo tiempo el fusil sufre un rechazo en dirección contraria. Esta reacción se presenta siempre, sin excepciones y no solamente entre cuerpos sólidos, como en el ejemplo anterior, sino también entre líquidos o gases: todos hemos visto alguna vez los molinetes regadores de las plazas, el agua sale hacia adelante y el brazo del molinete es impulsado hacia atrás, por la reacción: esta reacción es la que hace girar el sistema.

De análoga manera, si un cuerpo despide gas en una dirección determinada, con cierta fuerza, el cuerpo sufre una reacción que lo hace retroceder. Los famosos "buscapiés", son cohetes que despiden gas hacia atrás y eso los hace mover hacia adelante. Un avión cohete no es otra cosa, en principio, que un "buscapiés".

Teniendo presente la notable sencillez de este principio, frente a las complicaciones y peso de los motores ordinarios de un avión, parece extraño que no se haya desarrollado esta idea más de lo que se lo ha hecho. ¿Cuáles pueden ser las razones? En primer lugar, la propulsión a cohete es ineficaz para pequeñas velocidades: se necesitan escapes tremendos de gas para que un aparato de mediano peso tome alguna velocidad. Las experiencias hechas con lanchas y automóviles muestran que el efecto empieza a ser interesante a grandes velocidades. De modo que el ideal hasta ahora había sido

por el empleo de los medios conocidos de propulsión hasta que el aparato tome una cierta velocidad límite, y sólo entonces superponerlo al escape de gas para incrementar la velocidad, este límite indispensable es de unos 500 kilómetros por hora. El efecto del cohete se hace más potente a medida que aumenta la velocidad, de modo que puede esperarse que en los aviones del futuro ha de desempeñar un papel de primera importancia. Podemos comprender ahora lo que significará para estos aviones el aprovechamiento de la energía intraatómica. Con el avión cohete se harán posibles los viajes interplanetarios. No es muy difícil asegurar que antes que el siglo XX llegue a su fin, los hombres serán ya capaces de realizar el viejo sueño de los viajes a otros mundos.

LOS VIAJES INTERPLANETARIOS

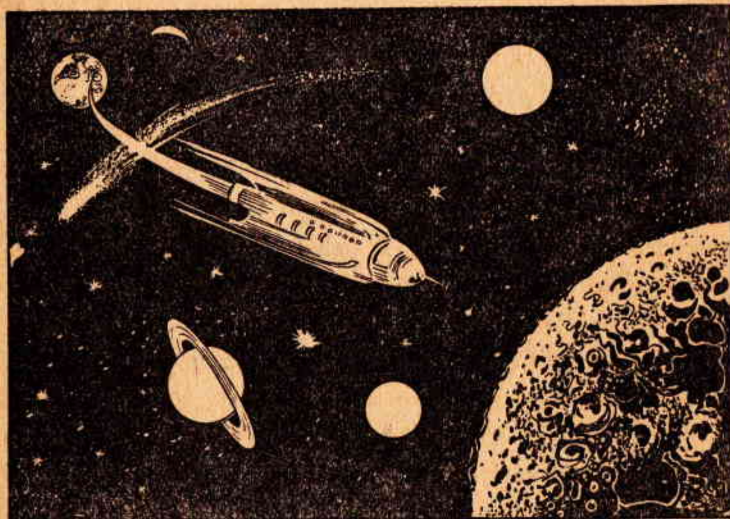
¿Por qué la solución de los viajes interplanetarios hay que buscarla en los aviones cohetes? Por de pronto, es fácil ver que los aviones comunes no son aptos para esta clase de aventuras: esos aparatos necesitan del aire atmosférico para mantenerse y avanzar; sin aire no serían capaces de avanzar ni de elevarse un solo metro. Por lo tanto, como la atmósfera terrestre se extiende hasta dos o trescientos kilómetros, existiendo después un vacío casi absoluto, los aviones comunes no podrían abandonar esa zona atmosférica para internarse en los espacios interplanetarios.

Los aviones cohetes, en cambio, funcionan lo mismo en pleno vacío: la acción y reacción valen tanto en el

aire como en el vacío. Por otra parte, tendrían también ventajas sobre el otro tipo de aparatos siderales los aviones proyectiles, como en la historia de Julio Verne. Pero ¿cómo salvar este abismo entre la tierra y lo que está fuera de ella? ¿Cómo salvar, por ejemplo, el gran vacío que hay entre la tierra y la luna? Este abismo de nada, donde reina la soledad, el silencio de muerte y la negrura absoluta, puesto que apenas es recorrido por átomos solitarios y veloces y puesto que la luz del día, el azul del cielo y los ruidos y sonidos existen donde hay aire? Se podría pensar en la solución de Julio Verne: dos o tres jóvenes intrépidos son lanzados a la nada metidos en un gigantesco proyectil apuntado y lanzado hacia la luna por un tremendo cañón. La dificultad mayor no consistiría, con toda seguridad, en encontrar los dos o tres jóvenes; ante el aviso de un problemático viaje a la luna, aparecerían no dos, sino cien jóvenes dispuestos a correr la aventura y a jugarse la vida.

No es ésa la dificultad mayor. Pero hay o mejor dicho, había, varias de carácter técnico. En primer lugar, para escapar a la fuerza de gravedad terrestre, un proyectil tendría que salir a una velocidad de 11 kilómetros por segundo, es decir, de unos 40.000 kilómetros por hora; lo que es algo así como 10 veces superior a la velocidad de un obús. Pero aun fabricando ese tipo de proyectil surgirían nuevos inconvenientes: el proyectil alcanzaría temperaturas fantásticas, lo cual calcinaría a sus ocupantes, los tripulantes también serían lanzados hacia atrás con una formidable aceleración en el momento de la partida, muriendo aplastados contra el peso

del proyectil, y por último si el proyectil no hubiese sido bien apuntado, correría el riesgo de convertirse en un bólido destinado a recorrer sin término los abismos siderales hasta ser capturado por algún planeta o estrella que lo convertiría en satélite o lo haría precipitar contra su superficie o incendiar en su atmósfera, como una estrella fugaz. Y en el mejor de los casos, si el bó-



La nave sideral con propulsión a chorro.

lido hubiese sido bien apuntado, se precipitaría a formidable velocidad sobre la Luna y se estrellaría contra sus muertas superficies, en el Mar de la Serenidad, en el Mar de Néctar o en cualquier otro de sus poéticos accidentes selenográficos. Y sin embargo todos estos inconvenientes han sido vencidos por la técnica, se ha llegado a producir el tipo de navío que hará posible

este viaje estupendo. El viaje será realizado, sin duda alguna, en una nave sideral con propulsión a chorro.

Estos aparatos, una vez perfeccionados, no tendrán ninguno de los inconvenientes de los otros tipos: su arranque y su detención podrán ser hechos con toda la suavidad que se quiera. Los únicos problemas serios que existían hasta ahora eran los de la cantidad de combustible y el de la velocidad. La distancia entre nuestro planeta y el satélite es de unos 380.000 kilómetros, y esa distancia habrá que recorrerla sin etapas. La vuelta al mundo a lo largo del ecuador significa unos 40.000 kilómetros; el viaje a la Luna equivaldría, pues, a dar unas 9 vueltas al mundo sin detenerse nunca.

Este hecho implicaba hasta el presente un problema que parecía insoluble, en lo que se refiere al combustible: nuestro aparato hubiese tenido que cargar una cantidad de nafta, o de lo que fuese, unas 30 veces mayor que la cargada por una superfortaleza que hace un viaje directo entre Buenos Aires y Nueva York.

Y la solución de este problema estará en el aprovechamiento de la energía intra-atómica; se sabe que la destrucción atómica de un gramo de materia produce 25 millones de kilovatios-hora. Los aviones a propulsión no ya sobre la base de reacciones químicas sino de la energía intra-atómica podrán tener enormes velocidades que fácilmente venzan la resistencia del aire y salven el espacio que contiene la atmósfera terrestre. Una vez salvada la atmósfera terrestre, que quizá no cuenta con más de 300 kilómetros, el viaje podría desarrollarse a 2.000 kilómetros por hora. En ese caso la duración de la expedición puede llegar a ser de cuatro a

cinco días. Una vez que el navío entre en la esfera de atracción de nuestro satélite, el avión no necesita combustible para avanzar, sino para frenar la caída libre del aparato. En tales circunstancias, el cohete tendría que poner en funcionamiento sus chorros delanteros para compensar con la fuerza de reacción hacia arriba la fuerza de atracción de la Luna; de otra manera esta fuerza, constantemente aplicada sobre el aparato, le imprimiría una velocidad creciente, facilitada por el hecho de la total ausencia de atmósfera que caracteriza a la Luna, y en corto tiempo el navío sideral se estrellaría contra la superficie lunar en espantoso choque.

Los chorros delanteros y los laterales permitirían maniobrar, en cambio, con absoluta facilidad y suavidad, de modo que el navío podría "alunizar" en el lugar deseado. Una vez hecha esta operación, nuestros pilotos y expedicionarios se encontrarían, sin embargo, con enormes problemas y prodigios respecto a temperaturas, gravitación, aire, etc., que deben llevar bien planeados si no quieren perecer de horrible muerte.

¿Y UNA VEZ EN LA LUNA?

Suponiendo que los arriesgados tripulantes del navío sideral llegasen sanos a nuestro satélite, queda por ver qué precauciones tendrían que tomar para no morir al salir de sus herméticas cabinas. Desde luego, sabemos lo bastante sobre la Luna para que estos hombres no expongan inútilmente sus vidas.

Con los poderosos telescopios de la actualidad, el satélite es acercado hasta unos 75 kilómetros y se pueden observar detalles de superficie separados por unos 150 metros; para el tiempo en que se realice la expedición, estará ya en funcionamiento el reflector del Mount Palomar (Estados Unidos), cuyo espejo parabólico de 5 metros de diámetro permitirá acercar la luna unos 25 kilómetros, con lo que será posible estudiar más en detalle la estructura de su superficie.

El primer estudio de esta superficie fué hecho por Galileo hacia el 1600; mediante su famoso anteojo, que tenía maravillados a los toscanos y venecianos, el sabio de Pisa confeccionó el primer mapa selenegráfico y calculó por primera vez la altura de sus montañas, juzgándolas por las sombras proyectadas. En el siglo pasado comenzó a fotografiarse nuestro satélite y hoy se tiene minuciosamente documentados la estructura y los accidentes lunares.

Las montañas lunares alcanzan alturas enormes en comparación con el tamaño del globo: el monte Leibniz tiene 8.200 metros: Pero lo más llamativo son los "cráteres", que en número de 35.000 cubren la superficie entera; estos cráteres o circos llegan a tener diámetros de unos 200 kilómetros. Grandes grietas de hasta 500 kilómetros de longitud cortan llanuras y montañas y parece como si el globo estuviese a punto de resquebrajarse totalmente.

Los expedicionarios tendrían que enfrentar dos graves circunstancias: primero, la falta de atmósfera, que los obligaría a salir de sus cabinas provistos de equipos de oxígeno, semejantes a los de los buzos; segundo: las enormes variaciones de temperatura. Hay que tener pre-

gente que el sol ilumina constantemente a este globo durante 14 días y que luego reina una noche absoluta que también dura 14 días. Very calculó que la temperatura sobre el ecuador lunar puede llegar a ser de 100 grados y que baja, en la larga noche, ¡hasta unos 270 grados bajo cero! Este solo hecho plantearía a los expedicionarios problemas temibles: el de asarse vivos en caso de llegar "durante el día" o el de morir petrificados por la helada si arriban "durante la noche". Por otra parte, se sabe que la temperatura de ebullición del agua se hace menor a medida que se sube: eso se debe a la disminución de la presión atmosférica. Pero si no hay atmósfera no hay presión atmosférica en absoluto y el agua herviría a temperaturas bajísimas. Otra cosa más: cuando subimos a una montaña sentimos perturbaciones en los oídos y podemos llegar a apunarnos; eso se debe a que la presión atmosférica disminuye y el cuerpo, adecuado a la presión normal, se descompone. ¿Qué horribles fenómenos biológicos no pasarían al entrar bruscamente en un país sin presión atmosférica? Sólo podría ser resuelto este problema si los expedicionarios estuviesen provistos de escafandras rígidas, de acero, y manteniendo dentro la presión normal de nuestro planeta.

Al recorrer el fantástico paisaje lunar los expedicionarios verán un cielo totalmente negro, porque el azul de nuestro cielo es debido a la dispersión de la luz solar realizada por el aire: en ese negro purísimo verán brillar las estrellas, el sol y nuestra propia tierra, a 380.000 kilómetros de distancia. La superficie lunar, formada por lava solidificada, brillante, sin una muestra de vida, sin un arbusto, brillará ante sus ojos como un cementerio

cósmico, como un mundo absolutamente muerto y silencioso, porque ni ruidos se pueden oír, a causa de la falta de aire. Con una fuerza gravitatoria 6 veces menos intensa que en la Tierra, estos hombres podrán recorrer la superficie de la Luna con esa levedad que sólo experimentamos en los sueños: parecerán casi flotar; podrán dar saltos de 20 ó 30 metros de largo, salvando fácilmente algún precipicio; podrán elevarse hasta 10 metros de altura. Si se han llevado una balanza de resorte, verán que sus pesos no llegan a 15 kilogramos.

Y cuando hayan recorrido esas llanuras como espejos que desde aquí nos parecen mares, los formidables circos de Clavius y Magnus, cuando hayan explorado la misteriosa cara que jamás vemos, entonces, si no han muerto, entrarán nuevamente a su nave y emprenderán el viaje de regreso para relatarnos su increíble aventura.

MIENTRAS TANTO, EN LA TIERRA...

El aprovechamiento de la energía atómica abrirá una nueva era, que con toda propiedad podrá ser llamada la *Era del Átomo*. Todo funcionará, directa o indirectamente, por la acción de la energía nuclear; el petróleo, la nafta, el carbón nos parecerán entonces restos ridículos de una civilización primitiva; algunos tubos llenos de líquido y algunas piedras negras serán exhibidas en los museos con fines educativos, como hoy se exhiben las hachas de piedra de los hombres prehistóricos.

Y no solamente se revolucionarán los métodos de transporte. Quizá se revolucione la repartición actual de los climas y vegetaciones. Es probable que los países

fríos y hasta las propias zonas polares puedan ser convertidas en verdaderos paraísos subtropicales o templados; aparatos de control, termostatos regionales, regularán la temperatura de cada país según los gustos o necesidades, haciendo más o menos intenso el proceso de desintegración de algún sol artificial colocado a cierta altura o algo semejante. La agricultura, en consecuencia, sufrirá cambios insospechables; se regulará la temperatura del suelo, las radiaciones de tipo solar en el exterior, la humedad, las lluvias, las sequías; se podrán producir infinitas variedades nuevas de trigo y maíz, sometiendo los suelos a variaciones térmicas adecuadas o a radiaciones capaces de producir mutaciones genéticas.

La industria se desarrollará en forma gigantesca y el standard de vida, si las actuales condiciones sociales son cambiadas, llegará a tener un nivel que jamás los hombres han soñado. Todo esto depende de que los hombres que rigen los destinos de las naciones sean lo suficientemente inteligentes y tengan la suficiente grandeza moral para transformar radicalmente las actuales condiciones de vida social. Mientras el mundo esté regido por el principio del provecho privado y de los dividendos, no habrá posibilidad de realizar nada grande sobre la base de la energía atómica; por el contrario, será conducido hacia alguna guerra fantástica, de destrucción general, de barbarie y de muerte. Por eso, la bomba atómica plantea no solamente un problema técnico, sino y sobre todo un problema moral. Ahora se verá si el hombre es capaz de sobrepasar por fin la etapa de la mera animalidad o si, por el contrario, se ha de lanzar hacia el abismo final.

EPÍLOGO

Es imposible terminar estas páginas sin volver a las preguntas de orden moral y aun biológico que quedaron planteadas en el prólogo. Es demasiado grave el momento para que el espíritu pueda sentirse satisfecho con el conocimiento del principio de la bomba atómica y las eventuales aplicaciones de la nueva fuente de energía. No hay más que leer los comentarios periodísticos de estos días sobre el tema para darse cuenta del conflicto de las conciencias y del terror que ha despertado la nueva arma, aún entre los sabios que la han inventado.

Repetidamente se ha dicho, y se sigue diciendo, que la técnica moderna es culpable de las guerras supermortíferas de este siglo y de la mayoría de nuestros males y que solamente una vida menos artificiosa, más sencilla, más pura puede salvar nuestra civilización de un desastre definitivo. Desde luego debemos decir que no compartimos este criterio. Con este modo de presentar las cosas se confunden, a nuestro juicio, los datos del problema. Una cosa es querer o no vivir en paz y otra es la técnica. El hecho de que el hombre practique la guerra de acuerdo con su nivel de conocimientos y con los

métodos que considera más expeditivos no es nuevo: siempre ha ocurrido así. La técnica no es ningún ente que actúe por cuenta propia, sino un instrumento que está al servicio del hombre, pasivamente. Un avión igual puede utilizarse para lanzar bombas que para otros fines mucho más loables, y lo mismo puede decirse de la mayoría de los inventos.

En cambio, podemos perfectamente concebir que la técnica nos ayude a abrir los ojos. Acaso merced a ella estamos haciendo experiencias en número y frecuencia necesarios para convencernos, por ejemplo, de lo contraproducente que resulta atentar contra los derechos del prójimo.

Gracias a la técnica jamás ha tenido el hombre la oportunidad de acumular en el breve tiempo de una generación tantos dolores físicos y morales como en el presente. Raras veces las guerras del pasado alcanzaron a toda la población. En su mayor parte permanecía alejada de los riesgos y estragos inmediatos; sólo los ejércitos combatían. La moderna técnica guerrera ha llevado su azote a todas partes. Nadie puede librarse de él. Si las guerras se desencadenan por móviles de expansión, por intereses económicos contrapuestos, por ambiciones personales y, bajo el rápido martilleo de la experiencia, los pueblos se dan cuenta de que están haciendo un mal negocio, ¿tan obstinados van a mostrarse que seguirán proyectando nuevas guerras y nuevos modos de matar?

Si así fuera, dado el vertiginoso ritmo de la técnica, se ve bien que la especie humana iría a su rápida destrucción. Por medio de la guerra, en tiempos pasados

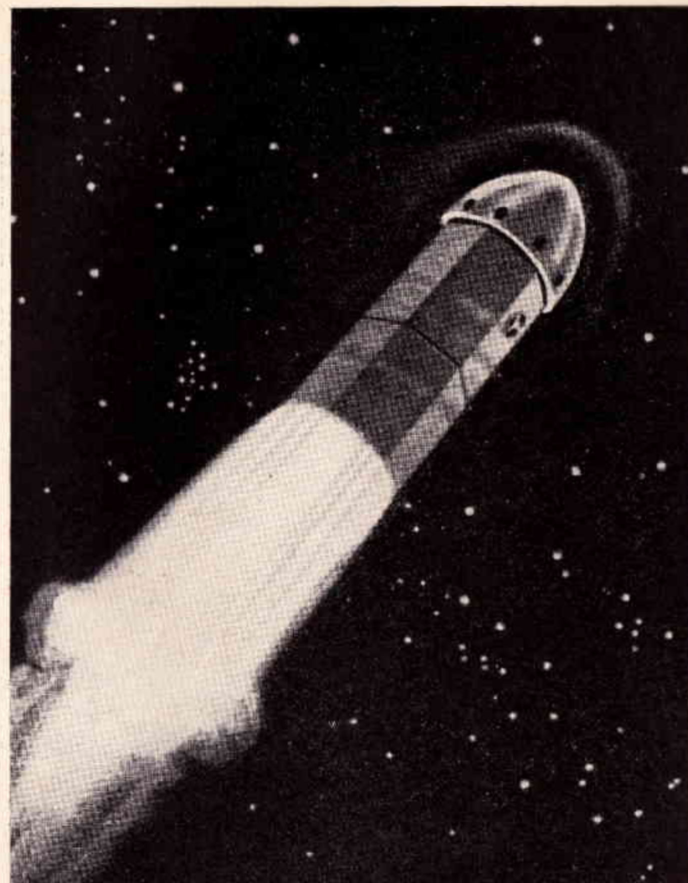
pudieron realizarse conquistas que aportaron un mayor bienestar a los vencedores, pero parece que esto ya se ha terminado. Todo el planeta está descubierto y repleto de gente. No sería pues extraño que al advertirse que las guerras malogran dichos propósitos, se decida a ensayar nuevos métodos de seguridad que es a lo que, en el fondo, aspira. Después de esta guerra la técnica, como espada de Damocles, se cernirá amenazadora entre las potencias vencidas y vencedoras. ¿Por qué no admitir la posibilidad de que se imponga el espíritu de colaboración y de ayuda entre los hombres, no debido a que se hayan convertido en ángeles, sino pura y simplemente por instinto de conservación, por miedo a perderlo todo, por egoísmo? No es imposible que entonces también se comprenda que la técnica, merced a la cual se ha conocido el dolor sin límites, resulte utilísima para huir de él. A la vista están los ejemplos de la Higiene, de la Medicina, y de los medios de comunicación modernos.

En el terreno de las hipótesis y ante la constante amenaza de un arma de dos filos, ¿por qué no suponer que los pueblos hagan la prueba de la paz, y les resulte convincente? de una paz constructiva del bienestar general. Si este desiderátum se lograra por un tiempo suficiente para que cuajara la experiencia, podría decirse que la técnica habría terminado con las guerras. ¿Es esta teoría excesivamente optimista? Por nuestra parte preferimos ésta, aunque no la podamos demostrar, a otras menos reconfortantes tampoco demostrables.

Escritas estas líneas el diario nos trae un resumen de una colaboración de Niels Bohr aparecido en "The Ti-

mes" de Londres. Este profesor, que tanto ha contribuído al estudio de la bomba atómica, manifiesta que el adelanto que se ha alcanzado en el estudio de los átomos ha provocado una "crisis" de la humanidad cuya suerte, "dependerá que ésta sepa unirse para evitar peligros comunes y para aprovechar conjuntamente las inmensas oportunidades que ofrece el progreso de la ciencia". Pone de relieve que el éxito obtenido no es obra de una sola persona ni de una sola nación, sino que el progreso se debe en gran parte a la cooperación internacional más efectiva. Agrega: "hemos llegado a una etapa en que resulta totalmente ineficaz el grado de seguridad que las medidas de defensa colectiva de una nación pueden ofrecer a sus ciudadanos. Contra la nueva potencialidad destructiva, no sería posible ninguna defensa y todo el problema gira en torno de la más amplia cooperación mundial a fin de impedir cualquier uso de las nuevas fuentes de energía que no se encamine a servir a la humanidad como entidad de conjunto".

"La misma magnitud y carácter peculiar de los esfuerzos que serán indispensables para la producción de la nueva y formidable arma, deben aumentar la posibilidad de una reglamentación internacional. Es obvio, empero, que ninguna fiscalización resultará eficaz sin el libre acceso a las informaciones científicas y la oportunidad de que se establezca una rigurosa vigilancia internacional sobre todas las empresas, pues a menos que se las regule, podrían convertirse en fuente de desastre". Bohr pide a los hombres de ciencia que expongan a la gente lo que está en juego, haciendo un llamamiento a la humanidad para que preste atención a la advertencia



El avión planetario.



Cuando el Sol esté agonizando, la humanidad recurrirá a la calefacción atómica, a soles artificiales de desintegración.

que ha sonado, y preconiza que se divulgen los conocimientos adquiridos en materia de átomos a fin de llegar a la reglamentación internacional.

Las palabras de este gran físico tienen un profundo sentido humano porque captan la angustia de todas las personas conscientes. Notemos que habla de la ineficacia de las actuales medidas de defensa colectiva nacionales, que sugiere otras de carácter internacional y que preconiza la unión para evitar peligros comunes.

Parece evidente que los peligros comunes son la miseria, la ignorancia, la enfermedad física y mental, la injusticia social y la educación antidemocrática. También salta a la vista que el factor humano ha de jugar el papel decisivo en la reestructuración económica, política y social de postguerra y que lo más urgente es mejorar el hombre para que pueda hacer uso juicioso de los nuevos recursos que el esfuerzo bélico ha puesto a su alcance. Hay que reconocer que todavía ha de aprender a administrarlos y que está lejos de sentirse seguro de sí mismo. Uno de los grandes peligros es que subsista el desequilibrio entre el poder del hombre y su moral. Para compensar este desequilibrio se hace indispensable que las ciencias aplicadas a mejorar el *factor hombre* no queden a la zaga de las que se aplican al dominio del *factor materia.*

Los nuevos métodos de seguridad colectiva se han de forjar, desde luego, teniendo en cuenta las causas apuntadas y las contingencias y necesidades del momento. Es halagüeño ver que después de la tremenda experiencia sufrida por los pueblos, todos están de acuerdo en que

los planes de seguridad colectiva, para ser eficaces, deben ser hechos sobre las bases de una inteligencia internacional. De esto se sigue que los métodos para conjurar los peligros anotados han de ser también aplicados en todas partes. Es significativo que la Carta Internacional de las Naciones Unidas aprobada en San Francisco cuente con un organismo denominado Consejo Económico Social concebido *para eliminar las causas de las guerras.* En ella se hace la importante declaración que sigue: "con miras a la creación de las condiciones de estabilidad y bienestar que son necesarias para las relaciones pacíficas y amistosas entre las naciones; basadas en el respeto de la igualdad de derechos y la autodeterminación de los pueblos, las Naciones Unidas, promoverán: 1ro. Niveles de vida más altos, ocupación total y condiciones de progreso y desarrollo económico y social. 2º La solución de los problemas internacionales, económicos y sociales y de la salubridad, los problemas relacionados con aquéllos y la cooperación internacional cultural y educativa, y 3ro. El respeto y la observación universal de los derechos humanos y las libertades fundamentales para todos, sin distinción de raza, sexo, lenguaje o religión".

Y todavía es más interesante apreciar que de la teoría se pasa a la práctica. El subsecretario de Estado de uno de los tres grandes vencedores de la guerra, del país que ha forjado la terrible bomba atómica, adoptando una actitud acaso nueva en la historia, se ha dirigido a sus compatriotas para pedirles que mantengan las medidas restrictivas observadas durante la contienda a fin de poder enviar alimentos y combustible a las poblaciones europeas necesitadas, sin excluir las vencidas, declarando: "La democracia, la decencia y la libertad no pueden florecer en un mundo de hombres y mujeres hambrientos." Los gobernantes de uno de los países que menos ha sufrido directamente por la guerra han llegado, al parecer, a la interesante conclusión que deben hacerse sacrificios auténticos para evitar estados de cosas comprometedores de la paz lograda. Cunde, pues, la idea de que el bienestar nacional puede peligrar fácilmente si no se consigue también un bienestar para todos los pueblos, noción básica para implantar los nuevos métodos de seguridad colectiva.

APÉNDICE

CON LOS HECHOS MÁS IMPORTANTES DE LA FÍSICA NUCLEAR VINCULADOS AL PROBLEMA DE LA BOMBA ATÓMICA, Y CON ALGUNAS FÓRMULAS Y TABLAS DE UTILIDAD PARA LOS CÁLCULOS.

LA MATERIALIZACIÓN

Apenas confirmado el descubrimiento del electrón positivo los físicos se dedicaron a buscar la forma de producir a voluntad los electrones positivos. Se encontró así que cuando un fotón gamma choca con un trozo de plomo desaparece completamente y su energía se transforma en la masa de dos electrones, uno positivo y otro negativo. Por primera vez la fórmula de la equivalencia de Einstein tomaba un significado concreto: una energía es transformada realmente en la masa de dos partículas.

La energía del fotón gamma es de unos 10^{-6} ergs. La masa que se puede obtener es:

$$m = \frac{E}{C^2} = \frac{10^{-6} \text{ ergs}}{(3 \times 10^{10})^2} = \sim \frac{10^{-6}}{10^{21}} g = 10^{-27} g$$

que es el orden de magnitud de la masa del electrón.

Se puede preguntar cómo es posible que el positrón haya permanecido tanto tiempo desconocido. La razón debe buscarse en su fugacidad, pues en el interior de un cuerpo sólido es incapaz de "vivir" más de un diezmillonésimo de segundo.

En el momento en que se destruye el fotón, los electrones negativo y positivo resultantes son lanzados a una velocidad superior a los 200.000 kilómetros por segundo; de modo que en el diezmillonésimo de segundo que

vive el positrón recorre unos 20 centímetros, espacio suficiente como para que se lo pueda observar. Al cabo de su recorrido choca con un electrón negativo y allí termina su existencia.

LA DESMATERIALIZACIÓN

Lo curioso es que la desaparición de un fotón para dar lugar al nacimiento de dos electrones es un proceso que se realiza también al revés: cuando un electrón positivo choca con uno negativo sucede alguna rara explosión microcósmica y como resultado se forman dos fotones gamma que salen a una velocidad de 300.000 kilómetros por segundo. Tenemos aquí la transformación de masa en energía, también como su inversa regida por la ley de Einstein.

No es difícil que la aniquilación de electrones de signo contrario suceda en el sol y sea capaz de explicar parte de la energía que este astro irradia constantemente desde hace 2.000 millones de años. En procesos de esta naturaleza y en reacciones nucleares es necesario buscar el secreto de esta aparentemente inextinguible actividad del Sol.

PERSPECTIVAS TERAPÉUTICAS DE LA RADIOACTIVIDAD ARTIFICIAL

La radioactividad artificial ha abierto grandes perspectivas para la curación del cáncer y sobre todo para la medicina en general y para la biología pura.

Los átomos radioactivos artificiales tienen el mismo efecto destructivo sobre los tejidos cancerosos que los naturales, pero con una diferencia muy importante: de

ordinario es difícil atacar el mal *in situ*, mediante radio o cualquier otro elemento radioactivo, siendo necesario hacerlo a distancia, con la desventaja de que no sólo son atacadas las células neoplásicas sino también las normales. Imaginemos, en cambio, que en el proceso vital un órgano cualquiera fija por ejemplo calcio; si ese órgano está atacado de cáncer, se hace ingerir al paciente calcio normal mezclado con cierta cantidad, bien calculada, de calcio radioactivo artificial. En esas condiciones, el tejido canceroso es atacado desde su propio seno y durante un tiempo que se puede regular perfectamente.

Pero los elementos radioactivos preparados artificialmente tienen otra aplicación biológica de mayor importancia. Imaginemos la siguiente situación: aviones que vuelan a gran altura deben bombardear un ejército camuflado, que marcha hacia el interior de un país; desde lo alto, los observadores aéreos no son capaces de distinguir los soldados de los accidentes topográficos, de los árboles y sembrados. Pero el país a que pertenecen los aviadores ha realizado una curiosa operación: soldados suicidas, disfrazados exactamente como los soldados invasores y que hablan su propio idioma, forman parte del ejército invasor; estos soldados suicidas llevan consigo una carga de dinamita que debe explotar en un momento dado; la marcha del ejército puede ser seguida desde los aviones por las explosiones que periódicamente se producen entre las filas.

Algo semejante a esto es lo que los biofísicos están aplicando en las investigaciones biológicas sobre animales y seres humanos. Algunos hombres de ciencia tenían interés en saber, por ejemplo, la trayectoria que el iodo sigue en el cuerpo humano; átomos de iodo aparentemente iguales a sus compañeros de viaje, pero radioactivizados, es decir, portadores de una bomba de tiempo que tarde o temprano explota, lanzando a través del cuerpo un proyectil que puede viajar a 500 millones de kilómetros por hora y aun más. Este proyectil atómico, que es un electrón, atraviesa fácilmente los tejidos y es observado a su salida por aparatos especiales que se llaman "contadores de Geiger-Müller". De este modo, los investigadores saben por dónde viaja y dónde se fija al cabo de su trayecto el iodo que había sido inyectado.

En el capítulo referente a los isótopos, se ha visto que dos átomos que tienen el mismo número de electrones planetarios tienen las mismas propiedades químicas, aunque difieran en su peso, por tener diferente número de partículas en su núcleo. Un átomo de iodo radioactivo tiene el mismo número de electrones exteriores que un átomo de iodo normal, y sólo difiere por su constitución nuclear. Si las propiedades químicas de ambos átomos son idénticas, sufrirán las mismas transformaciones físico-químicas en el interior de los tejidos y seguirán idéntico camino, pues los procesos biológicos en que intervienen elementos químicos nada tienen que ver con la estructura de los núcleos.

LOS RAYOS CÓSMICOS

Estos rayos fueron descubiertos hacia comienzos del siglo, al observarse que electroscopios aislados y alejados de sustancias radioactivas se descargaban sin causa aparente. Durante muchos años este fenómeno permaneció inexplicado, pero se hicieron numerosas experiencias des-

tinadas a aclararlo. El físico austríaco Hess, por el año 1910, decidió investigar si la radiación aumentaba o disminuía con la altura, pues de este modo se podría saber si su origen era terrestre o extraterrestre. Sus exploraciones en globos sonda hasta una altura de 5.200 metros mostraron que la intensidad de los rayos aumentaba con la altura; dedujo que los rayos penetrantes debían tener su origen fuera de nuestro planeta, hipótesis que en aquel tiempo fué criticada.

Las exploraciones de Hess fueron completadas por las de Kohloerster, quien alcanzó en 1914 los 9.000 metros de altura. Las investigaciones fueron paralizadas por la guerra del 14, pero después de su terminación tuvieron un nuevo y gran impulso. Se hicieron experiencias sistemáticas en lo alto de las montañas, en el fondo de los lagos suizos, en largos viajes por mar; algunos físicos perdieron la vida en estas investigaciones; otros, como el profesor belga Piccard, la arriesgaron para ascender en un globo rígido hasta una altura de 15 kilómetros; estas ascensiones fueron reemplazadas por las de globos sonda provistos de aparatos registradores automáticos y mediante este procedimiento se llegó a explorar hasta una altura de 30 kilómetros.

El resultado de medio siglo de observaciones ha sido bastante alentador, pero no se ha aclarado aún el enigma de la composición y del origen de estos misteriosos rayos. Las dificultades que han impedido aclarar más rápidamente este enigma están principalmente constituídas por el extraordinario poder penetrante de estas radiaciones. Sabemos que los Rayos X apenas pueden atravesar algunos milímetros de plomo; los Rayos Gamma son detenidos por pocos centímetros de plomo; en cambio, los Rayos Cósmicos atraviesan corazas de plomo de más de 30 metros de espesor. Esta es la razón por la que estos rayos han sido también llamados "ultrapenetrantes".

¿Qué misteriosa fuerza puede ser el origen de estas radiaciones de tan grande energía? Nada se sabe hasta el momento. El Abate Lemaître, de la Universidad de Lovaina, notable por sus trabajos sobre la teoría de Einstein, llegó a afirmar que el universo debe de haber comenzado con una enorme explosión, tal como un gigantesco átomo radioactivo; los rayos cósmicos se habrían producido en ese cataclismo y desde aquel entonces viajarían por el espacio, como rayos fósiles, testigos de la explosión inicial. Eddington discute esta pretensión del abate y afirma que no ve la razón para que el universo haya tenido un comienzo tan espectacular.

Otros físicos piensan que estos rayos pueden haberse formado en edad remota debido a las altísimas temperaturas y presiones que puede haber habido en las estrellas. Otros imaginan que pueden ser originados por la explosión de ciertas estrellas — las estrellas *novae*.

De cualquier modo, por el momento no parece posible decidir nada sobre el origen de estas radiaciones. Pero mucho se ha sabido ya sobre su composición y sus características; mediante la ayuda de las cámaras de Wilson y los contadores de Geiger-Müller, los físicos han llegado a la conclusión de que estas radiaciones están constituídas por partículas cargadas eléctricamente, pues sus trayectorias son curvadas bajo la acción del campo magnético terrestre.

EL MESOTRÓN

En investigaciones totalmente teóricas, el físico inglés Dirac había llegado a la conclusión de que debía existir un corpúsculo eléctrico positivo, igual al electrón pero de signo contrario; vimos ya cómo Carl Anderson, investigando ciertos problemas referentes a los rayos cósmicos, descubrió esta partícula, el positrón.

Algo parecido ha sucedido con el mesotrón. En el año 1935, el japonés Yukawa, tratando de explicar las fuerzas nucleares, admitió la posibilidad de que existiera una partícula aun desconocida, cargada eléctricamente pero unas 200 veces más pesada que el electrón. Dos años más tarde, en 1937, Neddermeyer y Anderson encontraron que entre los rayos cósmicos o por efecto de ellos aparecía una partícula que tenía todas las características previstas por el físico japonés. Fué llamada *mesotrón.*

Desde que los rayos cósmicos entran en la atmósfera terrestre hasta que llegan al nivel del suelo, suceden una cantidad de fenómenos secundarios que han sido perfectamente estudiados: producción de rayos gamma muy duros, materialización de estos fotones en un par de electrones positivos y negativos, nueva producción de fotones por los electrones, etcétera. De este modo, una simple partícula que entra en la atmósfera produce una llovizna de otras partículas.

Pero al llegar al nivel del mar, los rayos cósmicos ya están constituídos casi totalmente de mesotrones. Estas partículas tienen carga positiva o negativa y una masa que es intermediaria entre la del protón y la del electrón; por eso han sido llamados también "electrones pesados".

Los mesotrones sólo han podido ser hallados, hasta el presente, en las radiaciones cósmicas.

LAS NUEVAS MECÁNICAS ATÓMICAS

Hasta el año 1924 la física no había logrado resolver uno de sus más grandes problemas: el de la naturaleza de la luz. Los fenómenos de interferencia y difracción revelaban bien a las claras que la luz debía consistir en ondas, mientras que el fenómeno fotoeléctrico —y algunos otros— revelaba que debía consistir en un chorro de partículas o "fotones" lanzados en el espacio a la velocidad de 300.000 kilómetros por segundo.

Pero en el año 1934, el joven físico francés Louis de Broglie añadió a la física otro motivo de perplejidad, en cierto sentido simétrico del anterior. Si la luz se comportaba en forma dual, como si estuviera constituída por ondas o corpúsculos, según el caso, podría ser muy bien que los electrones, hasta ese momento considerados como partículas pudiesen manifestarse también en forma ondulatoria. Mediante la aplicación de la fórmula de equivalencia

$$E = mc^2$$

De Broglie llegó a la conclusión que el electrón *debía* marchar en el espacio acompañado por una onda de longitud

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

donde m es la masa del electrón y h la constante de Planck.

En los capítulos precedentes, Russell ha mostrado hasta qué punto los postulados cuánticos de Niels Bohr eran incompatibles con las teorías anteriores de la física; estos postulados permanecían inexplicados y al parecer inexplicables. Louis de Broglie, con su curiosa fórmula de la onda asociada, logró una explicación de los niveles de energía admitidos sin justificación por Bohr. Si imaginamos una cuerda atada en sus extremos y tensa, se sabe que la cuerda puede vibrar sólo de modo que haya un número entero de medios largos de onda: puede haber 1, 2, 3... medios largos de onda, pero no puede haber un número fraccionario.

Esta imagen da una idea de cómo la introducción de ondas puede "explicar" la aparición de los números enteros que caracterizan los niveles cuánticos de Bohr.

En 1926, el físico austríaco Erwin Schrödinger, inspirado quizá por la idea de Louis de Broglie, dió cima a una teoría de la mecánica atómica que en cierto modo aplicaba los métodos de las cuerdas y placas vibrantes al movimiento de los electrones atómicos. Mediante su famosa ecuación, el físico austríaco logró dar cuenta de todos los fenómenos que explicaba la teoría de Bohr y otros que hasta ese momento resultaban inexplicables. Este nuevo sistema, que fué llamado "mecánica ondulatoria", introdujo sin embargo una misteriosa magnitud *Psi*, que si bien funcionaba muy bien en las ecuaciones y permitía calcular los estados cuánticos, se mantenía ella misma en el más riguroso incógnito. Develar el misterio de *psi* era equivalente a saber qué cosa eran esas misteriosas "ondas pilotos" que acompañaban al electrón. Max Born y otros físicos llegaron a la conclusión de que estas ondas eran

simplemente "ondas de probabilidad", es decir, no ondas materiales o energéticas, sino una clase de ondas puramente matemáticas, tan poco materiales como la "curva de mortalidad" de un país. Por desgracia, con Schrödinger y Heisenberg se inicia en la física atómica una nueva era en que es imposible comprender el significado de sus magnitudes y fórmulas sin todo el aparato de la matemática superior.

EL EXPERIMENTO DE DAVISSON Y GERMER

Todas estas consideraciones pueden parecer demasiado abstractas y por lo tanto discutibles; sin embargo, la ciencia se hace cada día más general y como lo concreto se pierde con lo particular, resulta que la ciencia se hace inevitablemente abstracta. En consecuencia, el hecho de que las nuevas mecánicas atómicas aparezcan tan abstractas no debe ser tomado como un defecto sino como un mérito y como un indicio de que se hallan bien encaminadas.

En el año 1927, Davisson y Germer mostraron con un experimento que la teoría ondulatoria de los electrones —es decir, de la materia— respondía a la realidad física y no era una mera especulación matemática. Ese experimento mostró fotográficamente que un haz de electrones lanzados contra un cristal de níquel era *difractado*, lo que revelaba que los electrones debían ser o por lo menos debían estar acompañados por *ondas* de longitud bien definida. Las medidas mostraron que la longitud de onda coincidía exactamente con la prevista por las teorías de de Broglie y Schrödinger.

Se sabía, pues, que la luz se manifestaba como un fenómeno ondulatorio o como un fenómeno corpuscular. Pero ahora la teoría y la experiencia revelaban que también la materia tenía un comportamiento dual. Todo parecía mostrar, pues, que no hay una diferencia esencial entre la luz y la materia, entre un corpúsculo luminoso y un corpúsculo material; la sola diferencia importante es que el primero viaja a razón de 300.000 kilómetros por segundo mientras que el segundo jamás puede alcanzar esa velocidad, que es la mayor del universo según la teoría de Einstein.

Las nuevas mecánicas cuánticas resuelven así, al menos formalmente, el problema de la dualidad de la luz, al mismo tiempo que extienden esa dualidad a la materia.

EQUIVALENCIAS DE ENERGÍA

1 Kilográmetro = trabajo necesario para elevar hasta un metro de altura una masa de 1 kilogramo.

1 Kilográmetro = 98.100.000 ergs. = 2,34 calorías.

1 Kilovatiohora = 367.000 kilográmetros = 860.000 calorías.

1 Erg = 278×10^{-16} kilovatios-hora = 239×10^{-10} calorías.

1 Erg = 628.500.000.000 electron-volt.

1 Electrón-volt = energía adquirida por un electrón bajo el impulso de 1 volt.

VELOCIDAD DE PARTÍCULAS

Velocidad de un electrón acelerado por 1 millón de volts = 280.000 km/seg.

Partículas alfa del Radio C' = 20.000 km/seg.

CRONOLOGÍA DE LA BOMBA ATÓMICA

SIGLO V (A. C.). Leucipo y Demócrito de Abdera (Tracia) intuyen el átomo.

1808. John Dalton, maestro de escuela inglés, demuestra la existencia del átomo.

1815. El médico inglés Prout piensa que todos los átomos están formados por átomos de hidrógeno (Hipótesis de la "unidad de la materia").

1858. El italiano Canizzaro calcula el peso de los átomos.

1869. El químico ruso Mendeleief establece el Cuadro Periódico de los elementos.

1869. Hittorf descubre los rayos catódicos o electrónicos.

1895. Röntgen, de Munich, descubre los Rayos X.

1896. Henri Becquerel, profesor en la Sorbona, descubre, por casualidad, las radiaciones del uranio.

1897. El físico inglés J. J. Thomson emite la hipótesis de que los rayos catódicos están formados por corpúsculos eléctricos más pequeños que los átomos y lanzados a enorme velocidad.

1899. Rutherford descubre las radiaciones alfa y beta.

1901. El físico alemán Max Planck inicia la era de los "cuantos".

1902. Rutherford y Soddy establecen la ley del decrecimiento radioactivo.

1903. Curie y Laborde descubren que el radio emite energía calórica constantemente.

1904. **Nagaoka lanza la idea del átomo planetario.**
1905. **Einstein, joven físico alemán establecido en Zürich, demuestra que la materia es una concentración fantástica de energía.**
1911. El escocés Wilson inventa la cámara de niebla.
1911. Lord Rutherford demuestra experimentalmente que el átomo es un sistema planetario.
1913. El joven físico danés Niels Bohr, alumno de Rutherford, aplica la teoría de los cuantos al átomo planetario y explica los espectros luminosos.
1919. Lord Rutherford inicia la era de la transmutación bombardeando el átomo de nitrógeno y convirtiéndolo en oxígeno.
1919. El inglés Aston inventa su separador de isótopos.
1930. Los alemanes Bothe y Becker descubren una radiación misteriosa, muy penetrante.
1932. El inglés Chadwick demuestra que esas radiaciones están formadas por neutrones.
1932. Los ingleses Cockroft y Walton inician los bombardeos atómicos con partículas aceleradas artificialmente.
1932. El norteamericano E. Lawrence inventa el ciclotrón.
1934. Enrico Fermi, de Roma, inicia la era de los bombardeos con neutrones.
1939. Los alemanes Hahn y Meitner demuestran que las experiencias de Fermi hay que interpretarlas como la partición del átomo de uranio, con la liberación de una enorme cantidad de energía.
1945. Se inventa la bomba atómica, sobre la base de la partición del átomo de uranio 235.

ÍNDICE DE LÁMINAS

Frente a pág.

ÍNDICE ANALÍTICO

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EL DÍA 10 DE SETIEMBRE DEL AÑO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y CINCO, EN LA IMPRENTA LÓPEZ, PERÚ 666, BUENOS AIRES, REPÚBLICA ARGENTINA.

EL 16 de julio de 1945 un grupo de hombres de ciencia y militares asistía, en el desierto de Nueva México, a la experiencia más trascendental de toda la historia de la ciencia; en medio de la emoción incontenible y en el secreto más riguroso, estos pocos hombres fueron los primeros en ver el desencadenamiento de la energía atómica, guardada en el seno de la materia desde el comienzo de los siglos. Estos hombres, enmudecidos por lo que acababan de ver, comprendieron que una nueva era, la Era del Átomo, se abría en esos momentos en el desierto de Nueva México.

Lo que siguió a esta experiencia es bien conocido: las bombas sobre Japón, la paz, la ansiedad de los estadistas y de los sabios por esta horrorosa arma. El hombre de la calle se ha planteado infinidad de interrogantes desde el secreto que constituye la base de la explosión hasta las posibilidades que se abren para la civilización. Este libro responde con extraordinaria claridad a todos los interrogantes, de modo tal que cualquier persona puede entender los principios básicos de la bomba y de la energía nuclear. Sus autores son una garantía: con el seudónimo bien conocido de C. Ugarteche, escribe uno de nuestros más caracterizados hombres de ciencia, que se ha distinguido por sus divulgaciones periodísticas; en cuanto al Profesor S. Bertrán, de destacada actuación en la enseñanza de la República Española, es ya conocido por su actividad didáctica y sus dotes para la exposición.

EDITORIAL NOVA
PERÚ 613 *BUENOS AIRES*

LA MARCHA DEL PROGRES[O]

COLECCIÓN DE
MANUALES TÉCNIC[OS]
PUBLICADOS POR LA UNIVERSIDAD DE OXFORD
Editados en castellano por la
EDITORIAL NOV[A]

Volúmenes publicados

EL CINE AL DÍA
por D. A. SPENCER y H. D. WALEY
Encuadernado $ 12.—

LA FOTOGRAFÍA AL DÍA
por D. A. SPENCER
Encuadernado $ 12.—

LA ASTRONOMÍA AL DÍA
por W. M. SMART
Encuadernado $ 12.—

LA ARMADA DE GUERRA AL DÍA
por M. W. BURGESS
Encuadernado $ 10.—

LA AVIACIÓN AL DÍA
por J. L. NAYLER y E. OWER
Encuadernado $ 12.—

LA QUÍMICA AL DÍA
por ARNOLD ALLCOTT y H. S. BOLTON
Encuadernado $ 12.—

LA POLICÍA AL DÍA
por REGINALD MORRISH
Encuadernado $ 12.—

LA RADIOTELEFONÍA AL DÍA
por E. H. CHAPMAN
Encuadernado $ 12.—

LOS MOTORES AL DÍA
por JOHN HARRISON
Encuadernado $ 12.—

LA METALURGIA AL DÍA
por JOHN DEARDEN
En prensa

EDITORIAL NOVA
PERÚ 613 *BUENOS AIRE[S]*